UNIVERSITÉ DE PARIS — FACULTÉ DE DROIT

ÉQUILIBRE PHYSIQUE
ÉQUILIBRE BIOLOGIQUE
ÉQUILIBRE ÉCONOMIQUE

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN DROIT

présentée et soutenue le 24 mai 1947

PAR

JACQUES DUMONTIER

JURY DE LA THÈSE :

Président : M. FRANÇOIS PERROUX
Suffragants : M. MAURICE BYÉ
M. JEAN MARCHAL

PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

ÉQUILIBRE PHYSIQUE
ÉQUILIBRE BIOLOGIQUE
ÉQUILIBRE ÉCONOMIQUE

UNIVERSITÉ DE PARIS — FACULTÉ DE DROIT

ÉQUILIBRE PHYSIQUE
ÉQUILIBRE BIOLOGIQUE
ÉQUILIBRE ÉCONOMIQUE

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN DROIT
présentée et soutenue le 24 mai 1947

PAR

Jacques DUMONTIER
Ancien élève diplômé de l'École Polytechnique
et de l'École Libre des Sciences Politiques

MEMBRES DU JURY :
Président : M. FRANÇOIS-PERROUX
Suffragants : M. MAURICE BYÉ
M. JEAN MARCHAL

PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS-6e

1949

AVIS

La Faculté n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

« Sans céder au paradoxe, je soutiendrai que le service le plus grand que la science de l'homme peut rendre à la science économique est de la libérer définitivement d'un poids écrasant de fausses analogies, plus redoutables lorsqu'elles prennent des formes subtiles que lorsqu'elles montrent le bout de l'oreille. L'analogie, ce péril des sciences humaines ! L'économiste n'y a que trop succombé. »

François PERROUX.
(Science de l'Homme et science économique).

INTRODUCTION

Unité et diversité des sciences

Toutes les disciplines de l'esprit, et plus particulièrement toutes les sciences, ont des principes communs. Peut-être y a-t-il des qualités intrinsèques de la nature à la base de l'uniformité constatée dans les diverses perspectives que chaque science prend du monde extérieur ; ce peut être aussi dû au reflet de l'esprit qui reste un dans ses multiples activités.

Il y a également des méthodes et des principes particuliers à chaque science. Les différences de méthode proviennent surtout de la variété des moyens dont les hommes disposent pour connaître la nature. Les différences de principe ont pour origine la part de déduction et d'observation propre à chaque discipline. Aucune science n'est purement déductive, même pas les mathématiques, malgré une tradition séculaire (1). Aucune n'est

(1) M. GOBLOT dans le *Système des sciences* proteste contre cette vieille tradition.

purement contemplative. Mais les possibilités de regarder autour de lui apportent à l'homme de science non seulement ses méthodes d'observation, mais même sa façon de penser.

C'est pourquoi chaque étude du monde extérieur doit avoir non seulement ses moyens d'observation propre mais également des moyens de conception propre, les uns parfaitement adaptés aux autres. Et si les premiers connaissent un changement, même technique, les seconds seront également modifiés dans leurs principes.

Retard de la science économique

C'est en raison de cette sujétion de l'intellectuel à des contingences pratiques en pleine évolution, que la science économique n'a pas réussi à se créer jusqu'à présent une discipline propre. On pourrait dire que l'esprit de l'économie est en plein déplacement d'équilibre, sous l'action du changement complet des méthodes d'observation économique qui s'effectue actuellement.

Il y a, à notre avis, une autre raison à l'insuffisance intellectuelle de l'économie. Les sciences, comme l'a fort bien vu Auguste Comte, ne sont pas juxtaposées mais hiérarchisées. Cette notion d'ordre ne correspond pas à une préoccupation finaliste ou philosophique, mais simplement à une complexité de plus en plus grande que rencontre l'esprit humain à mesure que son champ d'observation s'étend : logique, mathématiques, sciences physiques et chimiques, sciences biologiques individuelles, sciences sociales. L'économie politique est une des sciences sociales présentant d'ailleurs parmi celles-ci le caractère de se prêter à la mesure particulièrement en ce qui concerne les prix et la monnaie.

Aussi Comte désirait-il que l'économiste (il désirait cela du sociologiste) ait pratiqué toutes les sciences qui précèdent l'économie dans sa classification et en ait acquis l'esprit et les méthodes. Et, en fait, les économistes sont

souvent venus d'autres domaines de l'étude scientifique : nombre d'entre eux furent médecins, mathématiciens ou philosophes. Certes, à ses débuts, l'économie s'est fort bien trouvée d'avoir été le sujet des réflexions du Dr Quesnay et du professeur de philosophie Adam Smith.

Mais ces apports de l'extérieur à la science économique ne suffisent plus à son stade de développement actuel.

Ce dont l'économie a besoin

Il faut à la science économique des méthodes propres, un esprit propre, qui, s'ils supposent l'acquisition de toutes les autres méthodes scientifiques, en supposent aussi l'oubli ; c'est cet oubli des particularités qui fait la culture.

Un ingénieur, économiste, mathématicien connu, me disait récemment : « Quand les physiciens et les mathématiciens se mettront à s'occuper de l'économie, on verra ce que l'on verra. » Je crois qu'on ne verra rien ; ce qu'il faut à l'économie, ce sont des économistes, c'est-à-dire des gens qui se seront forgé leur esprit en raison du métier qu'ils ont à faire, prenant ce qui leur convient et laissant ce qui leur est inutile dans les méthodes de travail plus éprouvées, mais adaptées à une étude différente.

L'apport de la philosophie

A la philosophie, ils prendront la logique, élément en grande partie commun à toutes les sciences, contrôle de l'esprit utile dans chaque discipline scientifique. Encore ne faut-il pas considérer la logique comme immuable, mais recevant elle-même le contre-coup des autres sciences avec lesquelles elle doit être en état d'équilibre, et pour lesquelles on peut réclamer, comme Hilbert pour l'arithmétique, un développement parallèle de la logique. Mais l'économie n'en est pas encore là ; la logique la plus élémentaire lui sera encore très utile.

Le philosophe apprendra encore à l'économiste pourquoi il est naturellement amené à chercher une explication des faits sous une forme plutôt que sous une autre. Et là encore, philosophie et sciences vont de pair.

Thornstein Veblen dénonçait le finalisme chez tous les économistes qui l'avaient précédé et proposait une philosophie darwinienne de l'économie consistant en une « causalité opaque ». Il avait certes raison de protester contre le retard de l'économie sur la philosophie, mais il ne s'est peut-être pas assez rendu compte que lui-même avait aussi une philosophie mécaniste et très XIX^e siècle. L'homme intelligent est celui qui connaît ses limites. Tout économiste doit savoir qu'il est dans un courant dont il reçoit des idées et auxquelles il en apporte. A l'heure actuelle, il se priverait de matériaux précieux s'il ne cherchait pas à construire sa science en tenant compte du système philosophique dans lequel il est, bon gré mal gré, inclus. Seul l'orgueilleux ou l'ignorant s'imaginent être dans une tour d'ivoire.

Par contre, ce que les économistes peuvent laisser aux philosophes, c'est l'alternative de bâtir un grand système économique ou de ne rien faire du tout. Toute la science économique au XIX^e siècle se trouve dans des traités en nombreux volumes. Mêler l'enseignement et le cheminement de la pensée est le propre de la philosophie. Mais PASTEUR n'a pas eu besoin d'écrire un travail général sur la médecine pour la transformer. Les monographies historiques ou descriptives ont constitué au XIX^e siècle une évasion contre ces méthodes.

Ce que l'économie peut emprunter aux mathématiques

Aux mathématiciens, l'économiste doit emprunter ses notions de variations, de fonction, et, dans une légère mesure, ses symboles. Si l'algorithme mathématique facilite la pensée, il faut l'adopter, mais seulement dans les

cas où il ne déforme pas cette pensée. Les extrêmes, comme toujours, sont aussi ridicules l'un que l'autre. D'un côté se trouve la conception de l'économie comme l'application des mathématiques. De l'autre, la phobie des expressions concises. La peur de poser l'égalité $A = \frac{b \times c}{\sqrt{d}}$ fait écrire en substance dans certains traités : — Je prends telle quantité que je multiplie par telle autre, et je divise le résultat obtenu par une troisième quantité dont on a préalablement extrait la racine. Et l'auteur ne s'aperçoit pas, ce faisant, qu'il fait des mathématiques sans le savoir, à l'instar de M. Jourdain. Tout est une question de mesure et dans les deux sens du mot : mesure parce qu'il faut se garder des extrêmes, mais mesure aussi parce que la mathématique traite des quantités et qu'il ne faut avoir recours à elle que dans la mesure où le travail d'observation porte sur la quantité.

Ce que l'économie peut emprunter à la physique

La physique pourra être utile par l'exemple de la synthèse qu'elle fait des données de l'expérience et l'esprit de laboratoire qu'elle inculque. Mais là encore, il faut assimiler les enseignements de la physique et ne pas les transporter tels quels en économie ; il n'est bon de parler de laboratoires économiques que si, par là, on peut montrer que l'économiste travaille dans le réel ; mais il faut également considérer qu'il ne peut guère agir sur le réel. Si l'on veut un terme emprunté aux sciences physiques, le terme d'observatoire serait le meilleur.

Les apports des autres disciplines scientifiques

Les intrusions des biologistes en économie n'ont pas été très fréquentes depuis QUESNAY ; celles de l'organicisme ont été dénoncées. Les méthodes propres à cette discipline, les enseignements qu'elle apporte peuvent néan-

moins, s'ils ne sont pas tous empruntés tels quels, vivifier l'étude économique. Les sciences sociales autres que l'économie sont également utiles — l'école historique en fait foi — pour connaître le cadre de la vie économique. Beaucoup plus importantes sont la sociologie et l'histoire qui habituent à un travail de synthèse toujours obligatoire en économie.

Grandeur et servitude de la science économique

A considérer ce que l'on exige des économistes, personne ne saurait l'être, pourrait-on dire en parodiant Figaro. Et pourtant, sur le marché, l'offre en économistes, pour appliquer à ceux-ci leurs propres termes, est supérieure à la demande, ce qui ne contribue pas peu à abaisser la valeur de l'économiste « marginal ». C'est que l'économiste marginal (on l'appelle aussi distingué), qui arrive à se faire traiter comme tel, est un peu n'importe qui.

Il n'est peut-être pas indispensable de distinguer les véritables économistes des autres ; mais il est utile de dégager les caractères propres de la science économique, — son idiosyncrasie comme dirait M. Teste ; ainsi arrivera-t-on peu à peu à donner à cette discipline la cohérence qui lui fait tant défaut.

Objet de l'étude comparée de la notion d'équilibre

Dans un tel dessein, on peut se livrer à une analyse méthodologique détaillée et abstraite. Mais on peut également prendre un point précis et travailler sur des points précis.

C'est dans cet esprit que l'on a étudié la notion d'équilibre. On parle, en effet, communément, de l'équilibre économique. De nombreux auteurs ont parlé d'un équilibre économique. Mais ce terme même, ils l'ont emprunté à d'autres savants qui l'avaient employé avant qu'il n'y ait une science économique.

En usant de ce vocable qu'ils avaient trouvé tout fait pour l'appliquer à leurs sciences, sur leurs pensers nouveaux faisant une prose antique, les économistes n'ont-ils pas malgré eux, et quasi obligatoirement, introduit en économie des concepts purement physiques ou biologiques ? N'ont-ils pas arraché la peau sans emporter un peu de chair ? Si oui, n'y aurait-il pas lieu d'épurer la notion d'équilibre en économie de ce qu'elle doit à la forme verbale ? Si en effet tout concept scientifique doit être opérationnel, si de même la pensée doit se mouler sur la réalité observée et non sur les termes employés, il y a une véritable révolution à faire en économie. Les vieux cadres qui ont servi à bâtir la science doivent être impitoyablement éliminés dès qu'ils sont devenus inutiles : les générations montantes doivent penser l'économie d'une manière directe, et ne pas reprendre tous les détours que la pensée économique a dû emprunter dans le passé.

Tel est le problème posé, qui ne peut se résoudre qu'en analysant au préalable le concept qui était lié au mot équilibre, avant que les économistes n'eussent acclimaté ce dernier dans leur domaine.

Plan de l'étude

Un si vaste dessein doit être limité. Mieux vaut quelquefois étudier avec soin quelque partie principale que de parcourir hâtivement l'ensemble du terrain à défricher. C'est pourquoi cette étude a été divisée en trois parties, dont chacune constitue une étude autonome :

— Les notions physiques et biologiques de l'équilibre ;

— La notion de l'équilibre de l'École de Lausanne ;

— Vers une notion économique de l'équilibre.

Alors que les deux premières ont été terminées définitivement en mars 1945, la troisième partie a été rédigée en décembre 1948.

PREMIÈRE PARTIE

LES NOTIONS PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES DE L'ÉQUILIBRE

Chapitre Premier

L'ÉQUILIBRE DES PHYSICIENS

I. — LA MÉCANIQUE STATIQUE

A) Les types d'équilibre

1) *La balance.* — Elle est le symbole de l'équilibre ; la mécanique élémentaire qui a donné son nom à l'équilibre, et c'est elle qui en donne encore aujourd'hui la représentation la plus imagée. Deux mots latins forment son étymologie : *libra* signifiant balance et *æquus* voulant dire égal. Aussi est-ce de la balance qu'il faut partir pour suivre l'évolution de la notion d'équilibre.

Dans chacun des deux plateaux d'une balance, des poids sont posés : s'ils sont égaux, le fléau de la balance reste horizontal ; s'ils sont inégaux, la balance ne reste pas immobile, le fléau s'incline. La pesée est donc une comparaison de forces.

En fait, si les usages courants ont fait très tôt de la balance l'instrument le plus fréquent d'opposition de forces, et par là, le symbole de l'équilibre, le fonctionnement

de cet instrument est plus compliqué, et masque la pureté du principe de la pesée. La balance oppose en effet non deux forces, mais deux moments de rotation ; elle est construite de telle sorte que ses deux bras sont égaux au repos et que les déplacements des plateaux, pratiquement verticaux, ne modifient pas d'une manière sensible l'action de ces bras ; alors l'égalité des deux moments équivaut à l'égalité des deux poids.

Mais l'artifice complique l'image simple de l'équilibre. Aussi, malgré la priorité que confèrent à la balance l'étymologie et la pratique, est-ce d'une manière plus abstraite que LITTRÉ définit l'équilibre comme l'état d'un corps sollicité par deux forces qui s'entre-détruisent. On peut imaginer une corde tirée par deux enfants, ou deux chèvres immobilisées cornes contre cornes. La symétrie est totale et le schéma est très simple. Mais le principe reste le même.

***

2) *Généralisation à plus de deux forces.* — Pour s'entre-détruire, deux forces doivent être opposées et de même grandeur. Une telle symétrie parle d'elle-même et a un caractère intuitif. Il n'en va plus de même si l'on ne considère plus un équilibre linéaire, mais plan, ou même dans l'espace. L'immobilité est alors obtenue par trois forces qui ne sont plus égales. L'opposition perd son caractère intuitif pour l'esprit humain. Aussi, si l'on en croit FONTENELLE, au XVIII^e^ siècle « en mécanique, on démontrait bien la nécessité de l'équilibre dans le cas où il arrivait, mais on ne savait pas précisément ce qui le causait ».

Les forces n'ont plus besoin d'être égales pour s'équilibrer. Et même, pour trois forces quelconques données en grandeur, peut-on toujours (à condition qu'aucune ne soit plus grande que la somme des deux autres) trouver des directions telles que l'équilibre soit réalisé entre ces trois

forces. Ainsi, alors que deux chevaux tirant sur une corde ne s'équilibrent que s'ils sont également forts, trois chevaux de force différente peuvent être en équilibre en tirant sur un écartelé.

La perte de la notion de symétrie qui résulte de cette généralisation avait beaucoup inquiété les mécaniciens du XVIII^e siècle. Ces derniers avaient cru que VARIGNON l'avait retrouvée en ramenant le système de plusieurs forces à un système de deux forces par la décomposition suivant la règle du parallélogramme. On revient également à des oppositions de deux forces par la projection cartésienne. Mais le système de plusieurs forces est bel et bien un système différent de l'opposition pure et simple, dans lequel d'autres facteurs entrent en jeu : les angles que peuvent former entre elles les directions des forces.

Toutefois, les exemples d'un équilibre tripartite ont été moins nombreux en pratique ; ce n'est pas de ce côté qu'est venue la généralisation vulgaire de la notion d'équilibre.

***

3) *Le pendule.* — D'autres immobilités ont été par la suite également appelées équilibre : celle d'une bille sur une surface par exemple ou celle d'un corps mobile attaché à un point fixe, que les physiciens nomment un pendule. L'immobilité du pendule n'évoque plus l'opposition de deux forces : il n'y a plus qu'une seule force qui s'annule à l'état d'équilibre.

Les physiciens ont bien essayé là aussi de rétablir la symétrie en imaginant une réaction égale et de sens opposé à la force ; mais cette seconde force n'est pas indépendante de la première : elle n'en est qu'un pâle reflet et il y a quelque cercle vicieux à trouver l'équilibre dans l'opposition de deux forces que l'on a par définition construites opposées. On ne peut considérer la réaction seule, et par

exemple voir comment elle réagirait si la première force disparaissait. On peut combiner d'une manière quelconque les forces de deux chèvres qui s'équilibrent, mais on ne peut utiliser de la même sorte le poids d'une bille et la réaction de cette bille sur une surface.

C'est pourquoi il vaut mieux distinguer, avec LITTRÉ, le cas de « la force qui s'annule sur une résistance » de celui des « forces qui s'entre-détruisent. »

B) Les caractères communs aux différents types

4) *Les données immédiates de l'observation.* — Pour que des phénomènes différents soient ainsi désignés par le même mot, il faut qu'ils présentent un caractère commun. Le caractère commun à tous les équilibres est l'immobilité. Quelles que soient ses arrière-pensées, l'observateur ne peut, devant un système en équilibre, que constater son immobilité à l'instant de l'observation.

Aussi faut-il rejeter toute définition de l'équilibre au moyen d'un déplacement, fût-il léger, de l'appareil : l'équilibre est ou n'est pas ; c'est la seule observation à laquelle on puisse se livrer à son sujet et elle l'épuise entièrement. Le meilleur exemple en est fourni par l'usage de la balance de laboratoire : il est formellement interdit d'utiliser cet instrument comme un trébuchet, c'est-à-dire en posant successivement en regard du corps à peser des contrepoids de plus en plus importants pour entraîner le déséquilibre inverse. Au contraire, une pesée précise s'exécute en plaçant les poids à comparer dans les plateaux immobilisés sur la table ; ensuite une élévation des fléaux entraîne une élévation des plateaux et permet de voir si ceux-ci restent équilibrés. La pesée est donc instantanée. L'équilibre peut d'ailleurs durer, mais c'est parce qu'il est réalisé en permanence. Un équilibre prolongé est une suite d'équilibres instantanés.

***

5) *Le mouvement sous-jacent.* — Cependant, il y a autre chose que l'immobilité. Celle-ci est la seule donnée immédiate de l'expérience, mais elle ne peut apparaître que parce qu'il y a une idée de mouvement sous-jacente dans l'esprit de l'expérimentateur.

Si on remarque que deux chèvres arc-boutées l'une contre l'autre ne bougent pas, c'est parce qu'on s'attendait à les voir bouger. On ne prêterait pas une attention spéciale à l'immobilité d'arbres ou de maisons.

Il y a au fond de l'idée d'équilibre une induction qui se traduit aussi bien dans l'observation des faits que dans l'analyse abstraite. Les faits passés, en effet, ont toujours montré que les objets soumis à certaines influences bougeaient. Dans l'observation de l'équilibre l'observateur peut constater que ces influences restent. Il y a donc quelque chose d'anormal à l'absence de mouvement, ou plus exactement cette absence de mouvement n'est considérée par l'esprit que comme un cas particulier du mouvement, puisque les influences dont on constate l'effet sont un cas particulier des influences qui s'exercent généralement. L'immobilité de deux chèvres luttant l'une contre l'autre est un cas particulier de leur lutte, bien différent de l'immobilité d'une chèvre morte.

Le langage abstrait traduit ceci en représentant mécaniquement le système non par l'absence de force, caractéristique de l'inertie, mais par l'opposition de deux forces qui s'annulent, en en inventant au besoin une seconde sous forme de réaction.

Mais, ce faisant, on veut dire par là que ces forces ont été différentes de leur valeur actuelle, ou le seront. En effet, la construction de deux forces opposées qui s'annulent est une opération abstraite toujours possible ; elle ne se justifie que si l'on a une arrière-pensée pour le passé ou le futur.

L'observation instantanée de l'équilibre ne peut donc être séparée des hypothèses que l'on émet sur les causes de l'équilibre ; celui-ci est représenté comme un mouvement en puissance. C'est ce que pensait D'ALEMBERT en disant que « tout le monde convient qu'il y a équilibre entre deux corps quand les produits de leur masse par leurs vitesses virtuelles avec lesquelles ils tendent à se mouvoir sont égaux de part et d'autre ».

*
* *

6) *Les frottements statiques.* — La recherche des causes de l'équilibre a conduit à l'énoncé de lois abstraites et générales. Celles-ci ont revêtu en général un caractère très simple. Mais les cas pratiques étudiés ne se conforment pas rigoureusement à ces lois. Ainsi, une bille ne roule pas sur certains plans légèrement inclinés et des différences non négligeables entre les poids posés sur les plateaux d'une balance peu sensible ne détruisent pas l'horizontalité du fléau.

On a appelé « frottements statiques » les causes de ces exceptions. Ces frottements rendent plus relatives les conclusions de celui qui observe l'immobilité : la position où l'on voit une bille immobile n'est pas forcément celle où la surface est horizontale ; les deux forces qui s'opposent sans mouvement peuvent ne pas être exactement égales.

Puis on a trouvé des lois assez simples à ces exceptions même. Quoi qu'il en soit, la considération des frottements, si elle change les conclusions de l'observateur au sujet des causes de l'équilibre, ne modifie en rien la question fondamentale à laquelle se résume l'expérience instantanée de l'équilibre : y a-t-il ou n'y a-t-il pas mouvement ?

II. — LA DYNAMIQUE AUTOUR DE LA POSITION D'ÉQUILIBRE

7) *La suite du problème du pendule.* — Si l'état d'équilibre ne souffre qu'une expérience instantanée, il n'est pas défendu aux physiciens de se poser un autre problème : celui du mouvement autour de la position d'équilibre.

Une telle idée ne serait pas venue de la pratique de la pesée, car la pesée ne comporte absolument aucune suite : le déséquilibre de la balance n'est pas susceptible de plus ou de moins, et les mouvements des plateaux ne changent pas l'action des poids (1). Forces et déplacements sont donc indépendants l'un de l'autre.

Dans le cas général il peut y avoir une suite à l'équilibre. Cependant l'équilibre de D'ALEMBERT est posé en termes trop généraux pour pouvoir avoir une réponse suffisamment précise. Il faut donc, pour que le problème ait un sens, que le mouvement soit défini autour de cette position d'équilibre ; ceci revient à dire qu'en chaque point voisin de cette position doit être définie la force qui engendre le mouvement, et dont la nullité permet précisément l'état d'équilibre.

C'est entre autres le cas du pendule qui est soumis à une force de rappel bien définie en chaque point, ou celui d'une bille roulant sur une surface ; en chaque point de la surface la force de déplacement est proportionnelle à l'inclinaison de la surface : le mouvement est donc bien déterminé et on peut l'étudier.

(1) Il est vrai que, dans une balance de précision, l'inclinaison du fléau permet par sa considération, de pousser plus loin la précision. Mais il s'agit d'un phénomène secondaire dû à ce que les distances des verticales des centres de gravité des poids à l'axe sont légèrement changées par les mouvements du fléau. Rien de tel ne serait possible si les verticales des centres de gravité restaient inchangées.

***

8) *La notion de stabilité.* — Comme au commencement de toute science, les premières considérations relatives au mouvement autour de la position d'équilibre ont été qualitatives ; elles ont abouti à un simple classement des mouvements en question en trois catégories :

Si la position voisine de la position d'équilibre engendre une force qui a comme conséquence de ramener le système vers cette position d'équilibre, cette dernière est appelée position d'équilibre stable. C'est le cas du pendule à la verticale au-dessous de son axe, et d'une bille au fond d'une cuvette ;

Si la position voisine de la position d'équilibre engendre une force qui a comme conséquence d'écarter plus encore le système de sa position d'équilibre, cette dernière est appelée position d'équilibre instable : c'est ce qui arrive quand un pendule est en équilibre au-dessus de son axe ou quand une bille est sur un sommet d'une surface ;

Si enfin la position voisine de la position d'équilibre n'engendre aucune force et n'a donc pour conséquence aucun déplacement, l'une et l'autre position sont dites d'équilibre indifférent.

Par suite de phénomènes complexes de frottements dynamiques (complètement différents des frottements statiques dont il a été parlé plus haut), une erreur s'est fréquemment introduite dans la considération de la stabilité de l'équilibre ; une telle considération est toujours relative à un mouvement qui se produit et non pas à l'état d'équilibre. Celui-ci est toujours rompu par un déplacement de la bille et du pendule.

Mais dans un cas, le mouvement éloigne définitivement le système de la position d'équilibre ; dans l'autre, le mouvement est toujours un déséquilibre mais consiste en oscillations plus ou moins régulières autour de la position

d'équilibre. Cette dernière n'est plus pour le système en mouvement une véritable position d'équilibre, mais une position privilégiée qui joue un rôle particulier dans le mouvement.

***

9) *Les oscillations.* — Les oscillations d'un pendule sont des mouvements réguliers, mais la régularité n'ajoute rien aux phénomènes oscillatoires. Des oscillations parfaitement dissymétriques comme celles d'une bille dans une cuvette à forme irrégulière, mais toujours concave, ont les mêmes propriétés.

Le mouvement oscillatoire général est un cas particulier du mouvement autour de la position d'équilibre ; mais en pratique il conserve le voisinage de la position d'équilibre ; il prolonge donc indéfiniment le problème du mouvement autour de cette position. En outre il permet d'autres phénomènes (accumulation des effets des frottements dynamiques qui seront étudiés plus loin) qui ramènent ou peuvent ramener le système à l'équilibre. A tous ces titres, il mérite une étude spéciale.

Dans le cas général d'un équilibre stable les oscillations peuvent être quelconques, mais ont un caractère commun : plus grand est l'écart de la position privilégiée (position qui était d'équilibre quand il n'y avait pas mouvement), plus fort est le rappel exercé sur le corps qui s'écarte de cette position.

Si la force qui écarte le corps de la position d'équilibre n'est pas trop violente, celle qui l'y rappelle devient prépondérante, et le corps, soumis à ces deux forces revient avec une vitesse croissante vers la position privilégiée. Quand il est revenu à cette position, il n'y a plus aucune force de rappel, mais comme le corps s'y trouve avec une certaine vitesse il dépasse la position et va de l'autre côté. Cette vitesse produit le même effet que le déplacement

initial, c'est-à-dire qu'elle déplace le corps hors de la position d'équilibre. Le phénomène continue indéfiniment d'une manière analogue.

On peut donner une explication mécanique très suggestive de ce phénomène basée sur le principe de la conservation de l'énergie. Le système composé d'une bille sur une surface, ou celui constitué par un pendule, sont susceptibles d'acquérir deux sortes d'énergie : une énergie potentielle qui est mesurée par la possibilité pour la bille de tomber plus bas, et une énergie cinétique qui provient de la vitesse de la bille.

Le principe de la conservation de l'énergie, valable pour n'importe quel système physique isolé établit que l'énergie totale est toujours la même.

Dans l'état d'équilibre, l'énergie cinétique représentée par la masse en mouvement dont l'arrêt brusque donnerait du travail, est évidemment nulle. L'énergie potentielle a une valeur déterminée, mais que l'on peut supposer également nulle puisque ni la bille ni le pendule ne peuvent pratiquement descendre plus dans les conditions de l'expérience.

Si l'on élève la bille ou le pendule, on fournit pour cela une énergie supplémentaire. Or, le pendule est précisément construit de telle sorte qu'il ne peut pas garder cette énergie supplémentaire sous forme potentielle. (Il le pourrait, s'il avait un cran d'arrêt.) Il va donc descendre jusqu'à l'ancienne position d'équilibre.

Arrivé à cette position, il a entièrement transformé l'énergie potentielle supplémentaire qu'on lui avait fournie en énergie cinétique. Sous une autre forme, il a également une énergie supplémentaire qui ne lui permet pas de rester au repos.

La construction du pendule a encore ceci de particulier qu'elle ne peut garder l'énergie cinétique sous cette forme, mais la transforme aussitôt en énergie potentielle.

(Une bille roulante sur un plan horizontal pourrait au contraire garder l'énergie supplémentaire sous forme cinétique.) Cette nouvelle transformation ramène le pendule à une position analogue à la précédente.

La cause des oscillations est donc un échange entre les deux formes d'énergie d'une énergie supplémentaire que le système ne peut « digérer » à l'état d'équilibre. Cet échange est réciproque et successif, c'est-à-dire que l'échange de cinétique en potentiel et de potentiel en cinétique se fait dans deux phases successives. Il faut pour cela que le système contienne en lui-même un certain facteur qui retarde l'échange dans un sens tant que l'échange inverse n'est pas fini. Ce facteur c'est la masse du corps en mouvement.

Le système a donc trop d'énergie pour rester à la position d'équilibre. Pour qu'il y revienne d'une manière définitive il faudrait que l'énergie supplémentaire en soit éliminée. C'est à quoi s'emploient les frottements dynamiques (ne pas les confondre avec les frottements statiques) en grignotant l'énergie pour la transformer en chaleur. Mais ceci est une autre histoire qui déborde l'étude de la mécanique.

III. — L'ÉQUILIBRE RELATIF

10) *Équilibre relatif d'un solide.* — L'équilibre, étant une absence de mouvement, paraît au premier abord dépendre de la manière dont on observe les mouvements, c'est-à-dire du système de coordonnées dont on fait choix pour les repérer.

Il est évident que l'immobilité n'est pas affectée par un simple changement de position du système de référence. Les équations exprimant le mouvement peuvent être changées, mais l'immobilité reste. Que l'observateur soit assis, par exemple, un peu plus à droite ou un peu plus à gauche, il constatera toujours une immobilité.

Il en va tout autrement si l'on adopte un système de référence en mouvement par rapport à l'ancien, ou, ce qui revient au même, si l'observateur se met en mouvement par rapport à l'objet observé.

Ce changement est parfaitement illustré par un équilibre réalisé dans le couloir d'un wagon d'un train qui se déplace. Un voyageur mettant sa montre au bout de sa chaîne suspendue constatera par exemple l'immobilité de cette chaîne et conclura à l'équilibre. Un observateur situé sur le talus de la voie ferrée verra la chaîne en mouvement. Ce dernier observateur s'estimant, d'ailleurs arbitrairement, juge en dernier ressort de la mobilité, dira que la montre est en équilibre relatif par rapport au wagon, et en mouvement absolu, c'est-à-dire par rapport à lui.

Dans cet exemple, le système de référence mobile est très bien matérialisé par le train. Mais si la chaîne de montre était projetée dans le vide, il apparaîtrait moins naturel à l'esprit de dire qu'elle est en équilibre par rapport à un système abstrait de référence, bien que les deux cas soient absolument les mêmes.

En fait, un tel mouvement relatif est plus ou moins intuitif selon qu'il est perpendiculaire à un mouvement simple d'un système de référence, ou qu'il est dans le même sens que lui. Le premier cas est celui des mouvements latéraux ou verticaux d'un avion qui penche de l'aile, ou qui tombe dans un trou d'air. Il apparaît tout naturel de décomposer le mouvement de l'appareil en deux mouvements élémentaires : une vitesse de marche constante, et un mouvement accidentel.

Mais le mouvement relatif est beaucoup moins intuitif quand l'avion est ralenti accidentellement, par un régime plus faible du moteur, de 5 kilomètres à l'heure par exemple. On peut dire également que le mouvement unique de l'avion est un ralentissement, ou bien que c'est un mouve-

ment complexe composé d'une marche à vitesse constante et d'un mouvement relatif du retard par rapport à cette marche. Ce qui crée la confusion c'est que le système de référence mobile ne coïncide pas dans ce cas avec l'avion comme il coïncidait avec le train, mais qu'il se rapporte à une notion abstraite : la marche à vitesse constante de l'avion.

En fait, les matérialisations pratiques des systèmes de référence font illusion : la décomposition d'un mouvement simple en deux mouvements composés est toujours une abstraction. Aussi pour un solide formé d'un seul bloc, on pourra toujours conclure à l'équilibre à condition de choisir un système de référence lié à ce solide. Un obus par exemple peut être considéré en équilibre par un observateur qui serait à son intérieur et animé comme lui d'un mouvement hélicoïdal sur la trajectoire.

On peut se demander ce que deviennent les forces qui s'équilibrent, après de tels changements de système de référence. La réponse est différente suivant que l'on adopte la mécanique classique ou la mécanique relativiste. La première amène rapidement à une contradiction ; la seconde à la notion de l'inertie. L'une et l'autre s'accordent toutefois dans le cas le plus simple où le mouvement est uniforme, ce qui laisse les forces inchangées.

***

11) *Équilibre relatif d'un système complexe.* — Toutes ces complications proviennent de ce que l'on considère un solide formé d'un seul bloc, c'est-à-dire que l'on fait une abstraction.

Elles s'évanouissent toutes, comme par paradoxe, si l'on considère un système plus complexe.

Si le voyageur du train réalisait l'équilibre d'une balance, le spectateur qui est sur le talus de la voie voit

la balance bouger par rapport à lui, mais il se rend compte, exactement comme le voyageur, de la justesse de la pesée.

Le mouvement de l'objet observé est certes toujours relatif à l'observateur, mais on peut définir l'équilibre d'une balance indépendamment du mouvement de l'observateur relativement à elle. Mais alors, il faut abandonner le critère trop absolu d'immobilité.

Il serait trop facile de dire à une marchande de quatre-saisons que sa pesée est fausse, en étant soi-même à bicyclette, et prenant ainsi des accélérations par rapport à la balance. La pesée est un phénomène absolu. Il suffit pour s'en rendre compte d'attacher un fil à un plateau de la balance. Même si l'on était absent au moment où les poids ont été opposés, on pourra observer la rupture ou la persistance du fil.

La rupture du fil est un phénomène absolu de coïncidence qui n'est affecté par aucune notion relativiste. L'observateur n'a qu'à constater une coïncidence et non à faire une mesure pour dire qu'il y a équilibre. On voit l'avantage de ne pas donner à l'équilibre des bases reposant sur les mesures, comme l'égalité de forces mais de se borner à ce que l'on constate réellement, sans faire immédiatement d'abstraction.

De même, les caractéristiques qualitatives du mouvement oscillatoire, doivent se retrouver telles quelles, quels que soient les vagabondages de l'observateur dans un espace classique ou einsteinien ; il suffit de les définir par rapport à la position privilégiée, qui est la position d'équilibre dans le cas du mouvement. Le mouvement oscillatoire consiste alors en coïncidences et écarts relatifs qui restent quel que soit le système de référence adopté.

L'équilibre relatif d'un système complexe présente donc un caractère absolu : la fixité, ou la rigidité. C'est pourquoi il ne peut être exempt d'ambiguïté dans le cas

d'un bloc qui est déjà rigide par lui-même, et donc toujours en équilibre relatif.

En fait, la généralisation de l'équilibre à tous les systèmes de références élimine la notion d'immobilité absolue et la position privilégiée des observateurs. Elle entraîne évidemment la perte de la notion même de l'équilibre pour les blocs solides isolés. Mais ceux-ci ne résultent jamais que d'une simplification excessive de la réalité. Ainsi la perte n'est pas grande.

En revanche, elle débarrasse le système complexe de notions absolues et étend par là même la notion d'équilibre, à des systèmes auxquels on n'aurait pu l'appliquer sans elle. Et cela est un progrès.

IV. — LA THERMODYNAMIQUE

A) Généralisation de la notion d'équilibre

12) *L'immobilité du système.* — La mécanique est devenue un simple chapitre d'une science plus vaste, c'est-à-dire étudiant les variations d'un plus grand nombre de grandeurs caractéristiques des systèmes naturels.

Aux positions des solides, sont venus s'ajouter, comme objets de la science, le volume et la pression des gaz, la pression osmotique et la concentration des solutions liquides, la composition des mélanges chimiques, la température des corps.

Dans ces nouvelles études, les physiciens ont employé le mot équilibre ; il ne semble pas d'ailleurs qu'il y ait des contestations au sujet de cet emploi ; pourtant il est évident que, au sens strict, l'équilibre ne constitue en thermodynamique qu'une image. Cependant le mot y a acquis droit de cité : il y a donc un phénomène auquel il s'est naturellement appliqué.

En mécanique, l'équilibre est avant tout, l'absence de

mouvement. La première généralisation a été celle de la notion de mouvement : d'une variation de position dans l'espace à la variation d'une quelconque des grandeurs étudiées. Cette généralisation a été facilitée par le fait qu'il y a en général, mais non toujours, mouvement au sens mécanique quand une grandeur quelconque varie : ainsi un liquide rapidement chauffé montre des modifications apparentes ; mais par contre rien ne bouge quand il se refroidit lentement.

Le terme d'équilibre a tout simplement été mis en harmonie avec cette définition plus large du mouvement, ce qui ne provoque aucune difficulté logique : l'équilibre est l'absence de toute variation d'un système physico-chimique.

Mais les phénomènes étudiés ne se généralisent pas si facilement, et deux difficultés principales apparaissent, qui dénaturent complètement les termes employés.

***

13) *La première difficulté* provient de l'existence possible d'une infinité de positions d'équilibre.

Considérons par exemple le système composé d'un gaz dans une éprouvette à piston. Pour plus de simplicité, on supposera la température constante. Les grandeurs caractéristiques variables sont alors au nombre de deux : le volume et la pression ; elles peuvent être comparées à la position et à la force de déplacement d'une bille sur une surface, seules variables également des systèmes mécaniques précédemment pris comme types.

A chaque valeur que l'on donne au volume en agissant sur le piston, correspond une valeur de la pression. Remarquons qu'à chaque position de l'espace où se trouvait la bille correspondait une valeur de la force de déplacement qui agissait sur elle. Mais dans le cas de la bille, cette force

causait précisément le déséquilibre, tandis que dans le cas du gaz la force de pression ne cause pas en pratique de déséquilibre, en raison de l'enveloppe qui maintient un volume constant.

Sans insister sur la cause de cette différence, il suffit de se borner à constater que pour les variations de l'état d'un corps, l'expérimentateur, ou simplement l'extérieur du système, ne peuvent agir en général que sur toutes les grandeurs, sauf une : ainsi, dans l'exemple étudié la quantité, le volume, la température du gaz sont fixés arbitrairement, mais la valeur de la pression résulte de cette fixation.

A chaque détermination de toutes les grandeurs moins une, correspond un état d'équilibre. Au contraire une bille ne pouvait être en équilibre en chaque point d'une surface, mais seulement pour des positions privilégiées de cette surface. Pour un gaz dans une éprouvette à piston, il n'y a pas de valeur privilégiée : à chaque volume correspond un équilibre.

Cette condition est d'ailleurs symétrique : il est plus facile en pratique de fixer un volume qu'une pression ; mais on peut réaliser cette dernière opération en plaçant un gaz dans une enveloppe élastique qui se mettra à la pression de l'extérieur. C'est ainsi la pression qui sera donnée et le volume qui en résultera.

Il y a deux manières imagées de préciser ces résultats :

La première est de considérer toutes les séries de valeurs des grandeurs caractéristiques pour lesquelles il y a équilibre, soit, en général n'importe quelle valeur au choix de l'expérimentateur pour n moins 1 grandeurs (1), et la

(1) Dans des cas plus compliqués que celui d'un gaz, par exemple dans le cas d'une dissolution, on ne peut fixer que $n - 2$ grandeurs et la valeur d'équilibre des deux dernières se trouvent déterminée. Plus généralement, on peut fixer $n - p$ grandeurs et les p autres se trouvent déterminés, dans un système de variance p.

valeur d'équilibre pour la dernière. On peut dire que cette dernière est déterminée par les autres. Dans le cas d'un gaz, la quantité étant fixée d'avance, la pression p, le volume v, la température t sont telles que les états d'équilibre sont définis par les valeurs de p entraînées par des valeurs données de v et de t.

On exprime cette relation en disant que p est fonction de v et de t, ce que l'on écrit $p = f\ (v,\ t)$; de la même manière on peut écrire par réciprocité $v = g\ (p,\ t)$ et $t = h\ (p,\ v)$. Plus généralement on préfère la forme symétrique $f\ (p,\ v,\ t) = 0$. Toutes ces relations sont évidemment équivalentes mais la dernière exprime mieux qu'aucune des trois grandeurs ne joue un rôle particulier.

On peut également considérer que donner des valeurs déterminées à p, v, t, revient en fait à comprimer ou à échauffer le gaz (ou à faire l'opération inverse) c'est-à-dire à donner ou à prendre de l'énergie au système (1). Si l'on se rappelle ce qui était dit plus haut sur les variations de l'énergie dans un système mécanique, on voit la différence fondamentale des deux systèmes : l'énergie interne du système mécanique consistant seulement en énergie potentielle, le pendule par exemple ne peut absorber l'énergie supplémentaire que représente un écart par rapport à sa position d'équilibre et à une tendance constante à renvoyer cette énergie sous forme cinétique, d'où le déséquilibre.

Le gaz au contraire peut toujours absorber cette énergie en augmentant son énergie interne (2) sans la trans-

(1) Cette manière de considérer l'action de l'extérieur est même plus générale que la fixation des $n - 1$ grandeurs variables, à cause des rôles dissymétriques de la température et de la quantité de chaleur. Par ex. dans un corps en fusion, on agit en apportant de la chaleur. Mais la température reste constante, et c'est la proportion du solide et du liquide qui varie. Dans le corps en fusion c'est l'apport des chaleurs et non l'augmentation de température qui entraîne la variation du système.

(2) Dans le cas d'un gaz, cette possibilité est due à l'existence d'un récipient qui contient l'énergie cinétique que représente en puissance la pression. Il y a

former en énergie cinétique, la possibilité d'équilibre pour n'importe quelles grandeurs caractéristiques correspond donc à une possibilité d'absorption de l'énergie extérieure.

***

14) *La deuxième difficulté* de généraliser les notions étudiées dans la mécanique à la thermodynamique provient de ce que les opérations décrites ci-dessus ne sont que des cas limites dont on ne peut que s'approcher dans la pratique.

Quels que soient leurs mouvements, un pendule ou une bille ont toujours une situation bien définie, et si leur grandeur caractéristique, en l'occurrence leur position, est variable elle est en revanche bien précise : même si on ne sait pas où se trouve une bille, on sait qu'elle est sûrement quelque part.

Au contraire les grandeurs utilisées en thermodynamique : pression, concentration, température ne sont pas forcément définies. Si l'on n'opère pas avec une extrême lenteur, la première conséquence de l'apport d'énergie extérieure est de rendre le système hétérogène, de telle sorte qu'on ne pourra plus parler de certaines grandeurs caractéristiques comme la pression ou la température ; seules certaines grandeurs comme la masse ou le volume sont définies. C'est comme si la bille se décomposait en poussière pour bouger et ne reformait un corps bien défini qu'à l'état d'équilibre.

On peut évidemment dire qu'à défaut de l'ensemble, chaque particule du gaz a une pression et une température définies. Mais cela multiplierait à l'infini le nombre des grandeurs caractéristiques et surtout n'aurait guère d'uti-

donc peut-être quelque chose d'artificiel à dire que le gaz absorbe de lui-même l'énergie extérieure. Mais sans récipient pas d'expérience possible, donc pas d'équilibre définissable.

lité car les grandeurs utilisées en thermodynamique n'ont de sens qu'à une échelle suffisamment grande.

Au fond, la plupart des caractéristiques d'un système thermodynamique sont des moyennes : il leur manque le caractère d'unité qui donne au solide sa cohésion. A l'état d'équilibre, cette moyenne est la même quelle que soit la partie du système considéré, au moins à l'échelle de nos appareils d'observation. Mais tout mouvement du système fait disparaître la notion même de ces grandeurs, puisque *l'état d'équilibre est nécessaire pour qu'on puisse les définir.*

***

15) Les deux problèmes de la position d'équilibre statique et du mouvement autour de la position d'équilibre ne se transposent pas tels quels à l'étude de ce que les thermodynamiciens appellent équilibre.

Cette étude comporte deux problèmes analogues, mais qu'il est préférable d'aborder dans l'ordre inverse.

Le premier problème est celui de la dynamique, c'est-à-dire l'étude du mouvement d'un système pour arriver à l'équilibre ; malgré un énoncé analogue, il est complètement différent du problème mécanique.

Sa résolution permettra d'aborder le problème statique du déplacement de l'équilibre. Comme il n'y a plus une, mais une infinité de positions d'équilibre, la définition de ces positions conduira à leurs comparaisons, et au passage pratique des unes aux autres appelé déplacement d'équilibre. Ce déplacement est essentiellement un phénomène statique, malgré l'apparence dynamique que lui donne le mot qui le définit.

B) Premier problème : la tendance à l'équilibre

16) *L'évolution irréversible.* — Quand on isole un système relativement simple, de telle sorte qu'il n'échange

aucune énergie avec l'extérieur, on constate que ce système a tendance à se constituer en parties homogènes du point de vue de la composition, de la pression et de la température.

Des grandeurs caractéristiques en petit nombre peuvent, au terme de cette évolution, rendre compte de l'état du système. Il y a donc une tendance naturelle qui pousse un système isolé de l'état indéterminé et variable à l'état d'équilibre et déterminé.

Prenons un exemple ; un morceau de fer rouge jeté dans un bain d'huile bien isolé de l'extérieur. La chaleur du fer échauffe l'huile, des mouvements divers se produisent, puis peu à peu le calme se rétablit et l'ensemble tend vers une température commune à l'huile et au fer.

Ce « mouvement » est tout à fait nouveau en mécanique. Il ne consiste pas en une variation de la grandeur température, mais en l'impossibilité d'une détermination unique de cette grandeur, à partir d'éléments différents. Mais si l'on veut opposer la température du fer à celle du bain d'huile (ce qui est une opération grossièrement approchée, car l'une et l'autre ne sont exactement définies à partir du moment où le fer est dans l'huile), la variation de la température du fer par rapport à celle de l'huile apparaît avec un caractère bien différent des variations autour de la position d'équilibre mécanique.

La différence de température du fer et de l'huile diminue au fur et à mesure que l'on s'approche de la température commune ; mais en outre la vitesse de diminution décroît également et l'équilibre n'est atteint que très lentement, sans qu'il soit jamais dépassé. Tous ces traits s'opposent point par point au rappel exercé sur un pendule écarté de la position d'équilibre.

Mais la différence la plus caractéristique est l'irréversibilité de l'égalisation des températures. On ne peut même pas concevoir un tel phénomène faisant marche arrière, par exemple, du fer devenant chaud aux dépens d'un

bain d'huile qui se refroidirait. Les mouvements du pendule ou de la bille sont au contraire parfaitement réversibles.

Cette évolution irréversible tout à fait remarquable est consacrée par une des deux lois fondamentales de la thermodynamique, loi qui est la clé de tous les problèmes d'équilibre en cette science. Malheureusement, l'énoncé de cette loi est fort abstrait, car il repose sur les variations d'une grandeur qui n'est pas directement mesurable ni même accessible à l'esprit humain par intuition : l'entropie. Aussi, l'énoncé de la deuxième loi de la thermodynamique : « l'entropie de tout système va en croissant » est moins vulgarisé, même dans le public cultivé, que celui de la première loi qui consacre la conservation de l'énergie. Bien qu'il ne s'agisse pas de physique dans la présente étude il faut essayer de donner une idée de l'entropie.

Les deux lois fondamentales de la thermodynamique sont absolument générales. Elles s'appliquent à tous les systèmes tels qu'un gaz dans une éprouvette, tout ce qui se passe dans une salle, dans la terre ou dans le système solaire. Elles supposent seulement que ces systèmes n'échangent pas d'énergie avec l'extérieur. S'ils en échangent, leur énoncé doit être modifié.

La première loi est relative à la quantité d'énergie : cette quantité est constante pour tout système isolé.

Les diverses formes d'énergie : chaleur, mouvement, énergie chimique, énergie électrique, sont emmagasinées par le système sous forme d'augmentation de température, d'énergie potentielle et de combinaisons chimiques. Elles sont interchangeables de telle sorte que le total de l'énergie incluse dans un système isolé est constant. Si le système échange de l'énergie avec l'extérieur, cet échange doit être double, de telle sorte que l'énergie perdue sous une forme est récupérée sous une autre, en quantité équivalente.

Mais, et c'est là la deuxième loi, cette équivalence quantitative ne comprend pas une interchangeabilité

sans limite. Autrement dit si la première loi détermine la quantité d'énergie dont un système peut disposer, la deuxième loi détermine la qualité de cette énergie. Toutes les formes d'énergie ne sont pas en effet d'égale qualité. Certaines comme la chaleur représentent une forme moins bonne que d'autres, comme le mouvement, en ce sens que la première ne peut toujours donner la seconde alors que celle-ci peut toujours se transformer en chaleur. Ainsi les différences de qualité des énergies sont relatives à la possibilité pratique de se transformer l'une en l'autre.

On appelle en quelque sorte entropie le degré de mauvaise qualité de l'énergie que peut fournir un système. La grande loi fondamentale est que dans tout système, l'entropie va en croissant c'est-à-dire que l'énergie du système ne peut aller qu'en diminuant de qualité.

Deux exemples concrets : d'abord un pendule qui oscille. On se rappelle que ce pendule présente deux formes d'énergie : cinétique (quand il est à la verticale avec une certaine vitesse) ou potentielle (à l'instant précis où il est immobilisé à l'extrémité de sa course). En un point quelconque entre ces deux extrémités, le pendule en mouvement comprend ces deux sortes d'énergie. Ces deux énergies sont de qualité équivalente, ce qui en pratique se traduit par le fait qu'elles s'échangent successivement l'une contre l'autre : ce sont les oscillations.

Mais peu à peu les oscillations s'amortissent : les énergies potentielles et cinétiques disparaissent. La première loi nous indique que le pendule n'a pas perdu sans compensation ces énergies, puisqu'il est pratiquement isolé. Le phénomène de frottement en effet les a transformées en chaleur, autre forme d'énergie, qui a élevé très légèrement la température du pendule (cette chaleur supplémentaire s'est d'ailleurs répandue ultérieurement dans toute la pièce).

La deuxième loi constate tout simplement que le

mouvement a tendance à se transformer en chaleur, c'est-à-dire finalement en augmentation de la température générale du système, tandis que le phénomène inverse n'a jamais lieu : on ne voit pas un balancier se refroidir légèrement en se mettant à osciller.

C'est une évolution semblable qui a lieu quand le fer se met à la température de l'huile. La différence de température entre les deux éléments est une énergie utilisable que l'on aurait pu dans une certaine mesure transformer en mouvement, alors que la température uniforme du système légèrement plus élevée ne permet aucune restitution d'énergie mécanique à l'intérieur même du système.

Dans les deux cas il y a eu évolution vers une plus mauvaise qualité de l'énergie comprise dans le système, c'est-à-dire vers ce que les physiciens appellent une plus grande entropie du système.

***

17) *Coexistence des deux évolutions dans la pratique.* — Toute immobilité n'est pas toujours la conséquence d'une telle évolution : ainsi, on peut sans dégradation d'énergie bloquer le pendule en haut de sa course. L'énergie potentielle est conservée et sera rendue quand on le voudra : il suffira de débloquer le pendule.

On peut comprendre maintenant qu'en général, les modèles mécaniques ne s'arrêtent pas d'eux-mêmes. Sans le phénomène de frottement que nous n'avions pu préciser plus haut, jamais un pendule ne s'arrêterait. La notion d'équilibre stable d'un pendule ou d'une bille résulte donc de l'addition de deux notions différentes : les oscillations autour de la position d'équilibre, transformation réversible d'énergie d'égale qualité, qui n'amène jamais à l'équilibre, mais qui permet en pratique une autre transformation irréversible celle-là de ces deux sortes d'énergie en chaleur : c'est l'amortissement des oscillations.

On comprend également ce qui se passe quand on agit sur les grandeurs caractéristiques d'un système thermodynamique. Comprimons un gaz isolé, le gaz s'échauffera en conséquence de l'action extérieure. Le nouveau système dont la pression et la température ne pourront plus être définies en raison des mouvements divers qu'aura suscités la compression, aura néanmoins une entropie déterminée. Le retour au calme correspondra à une augmentation de l'entropie, en l'occurence par une évolution vers une température plus homogène.

Toute action sur un système mécanique limité comprend donc deux phases : l'effet de l'extérieur, et le retour au calme après que l'extérieur ait agi. Si l'action de l'extérieur est prolongée, les deux effets peuvent coexister. Par exemple, si l'on comprime continuellement un gaz, l'uniformisation de la température qui est une augmentation d'entropie n'attendra pas pour s'amorcer que la compression soit terminée.

Donc, à moins de hasard comme un blocage de l'énergie potentielle en général due à l'initiative humaine (arrêt du pendule à l'extrémité supérieure, arrêt d'un ascenseur) l'énergie cinétique, les différences de température de pression, l'énergie potentielle, toutes énergies de bonne qualité auront toujours tendance à se transformer en énergie de mauvaise qualité : température uniforme plus élevée. La tendance vers l'entropie peut même dans certains cas ne pas prendre la forme d'une transformation d'énergie.

Ainsi le mélange d'un verre d'eau et d'un verre de vin est une opération irréversible qui augmente l'entropie de l'ensemble des deux verres.

Mais la disparition de l'énergie cinétique n'est autre que le retour à l'immobilité, et la disparition des différences de température ou de pression permettent précisément de définir les grandeurs caractéristiques d'un système. Ainsi l'équilibre mécanique comme l'équilibre thermodynamique

ne peut en pratique provenir d'un mouvement que par une transformation irréversible de l'énergie qui augmente l'entropie du système.

***

18) Des considérations thermodynamiques ont montré que cette augmentation irrémédiable de l'entropie, qui pourrait se définir avec des termes semblables à ceux de la loi de GRESHAM : « la mauvaise qualité de l'énergie chasse la bonne », correspond à un acheminement du système vers un état plus probable.

Malgré les difficultés que rencontre sa précision, cette définition est beaucoup plus intuitive et compréhensible. En outre, elle n'est liée à aucune donnée trop particulièrement thermodynamique et paraît plus propice à la généralisation. Elle se relie à la conception de certaines lois physiques comme application de la loi des grands nombres.

Elle n'explique rien par elle-même car on n'est pas plus avancé quand on sait que l'état uniforme est plus probable qu'une différence de température ou de pression.

Mais elle permet de saisir plus facilement le grand principe d'évolution irréversible qui étreint toute la nature, bien qu'il soit invisible à grande échelle, mais qui à petite échelle est la cause de tous les équilibres et de tous les amortissements : l'acheminement continu et irrémédiable de toutes les diversités du monde vers un état plus probable et plus uniforme.

C) Deuxième problème : le déplacement de l'équilibre

19) *Série d'équilibres voisins.* — Un système ne peut donc que se transformer vers un état plus probable. Dans un système isolé de l'extérieur, il y a donc une valeur pour chaque grandeur variable, les autres grandeurs étant

définies, qui correspond à cet état le plus probable : c'est la valeur d'équilibre.

On peut considérer les diverses valeurs d'équilibre du système correspondant à des données différentes ; par exemple dans le cas d'un gaz dans une éprouvette à piston dont on suppose la température constante, on peut considérer tous les couples de valeur du volume et de la pression pour lesquels il y a équilibre.

Il faut toutefois remarquer qu'il ne s'agit pas tout à fait des mêmes systèmes, car un gaz comprimé deux fois plus a une énergie deux fois plus grande. Chaque couple de valeur de la pression et du volume correspond en réalité à un équilibre différent : chaque équilibre comprend les mêmes éléments matériels, mais non la même quantité d'énergie incluse dans le système.

Sous cette réserve, on peut considérer un mouvement qui lierait tous ces états possibles d'une manière continue. Un tel processus est difficilement réalisable et même concevable car pour faire varier des grandeurs, il faut rompre l'équilibre : si l'on augmente un tout petit peu le volume du gaz, la diminution de pression correspondante qui doit amener à l'équilibre voisin constitue un mouvement qui rompt l'équilibre.

Si toutefois on opère extrêmement lentement, les conséquences de cette rupture seront bénignes : l'énergie de la pression que l'on exerce sur le gaz ne se transformera que très peu en différences internes de température ou vitesses des particules du gaz, phénomènes qui font disparaître l'équilibre en se dégradant en augmentation de température, entraînant ainsi l'évolution irréversible de l'entropie. Mais la lenteur de l'opération permet de transformer presque intégralement l'énergie de la pression en énergie interne. Et avec les mêmes précautions on peut espérer revenir en arrière.

On aura ainsi réalisé deux transformations réversibles,

au moins en principe. La marche de la nature vers une entreprise plus grande est irrévocable : elle ne peut pas rétrograder. Mais dans certains cas, elle peut aller très très lentement si bien qu'on peut faire un petit tour et la retrouver à la même place. C'est ce que supposent ces opérations infiniment lentes par lesquelles on passe d'un état d'équilibre à l'autre, en considérant que l'on n'a pas fait varier l'entropie du système (1).

De telles transformations sont appelées réversibles. On peut également considérer que ce qui est réversible c'est l'ensemble du gaz et de la pression que l'on exerce, c'est-à-dire l'emmagasinement sous forme interne de l'énergie mécanique que l'on fournit au gaz sous forme de pression. La réversibilité est donc le rendement 100 % de l'échange entre l'énergie extérieure et l'énergie interne.

***

20) *Suites d'équilibres complexes.* — Il existe des cas apparemment plus complexes où des équilibres s'avoisinent par évolution réversible. Les changements d'état par exemple représentent une modification de la modalité des échanges entre l'énergie extérieure et l'énergie interne.

Lors du changement d'état, fusion ou vaporisation, le corps qui se transforme absorbe une énergie spécialement destinée à lui permettre de prendre sa nouvelle constitution interne. En gros, cette énergie est appelée chaleur de fusion ou chaleur de vaporisation.

En fait, les choses sont légèrement plus compliquées. La chaleur fournie par l'extérieur est d'abord utilisée pour transformer par exemple le liquide en gaz, mais en même

(1) Pour que l'entropie fût nulle il aurait fallu que le système ne soit chauffé qu'avec de la chaleur provenant d'un corps à même température que lui ou ne soit comprimé que par une pression égale à la sienne. Ces conditions montrent que la notion de déplacement de l'équilibre rencontre des contradictions même du point de vue théorique.

temps pour permettre au gaz qui se dégage d'exercer un travail contre le milieu extérieur. Celui-ci reprend donc d'une main, si l'on peut dire, ce qu'il fournit de l'autre.

Dans le cas de la fusion, le changement d'état ne s'accompagne pas toujours d'une augmentation de volume. Dans certains cas particuliers (glace) la fusion s'accompagne d'une diminution de volume. Dans ce cas à l'action de la chaleur de fusion s'ajoute l'action de pression du milieu extérieur.

Pour que l'ensemble de ces deux actions, c'est-à-dire de ces deux transformations d'énergie, soit toujours réversible, il faut que le changement d'état soit toujours accompagné des mêmes échanges, par quelque bout qu'on l'aborde, c'est-à-dire qu'il consiste toujours en un échange d'énergie calorifique contre l'ensemble énergie interne et énergie mécanique. (Cas des vaporisations.)

Il ne suffit donc pas dans le cas présent de fournir de l'énergie pour faire évoluer le changement d'état dans le sens désiré, il faut encore la fournir sous forme de chaleur : la compression aurait l'effet inverse (de condenser le gaz par exemple).

Dans les variations de système plus complexe, l'échange d'énergie peut également se compliquer : ainsi la chaleur que l'on fournit à une solution saturée en présence de son sel, sert d'une part à élever la température de la solution et d'autre part à dissoudre (ou à précipiter) le sel. Là également la chaleur est toujours transformée, pour un corps déterminé dans une même solution, de la même manière : énergie interne nécessaire à effectuer la précipitation ou la dissolution et élévation de température.

En général, chaque apport d'énergie extérieure (chaleur, augmentation de pression) et chaque élévation du niveau d'énergie interne (température plus haute, fusion, vaporisation, dissolution ou précipitation) agissent d'une manière autonome et réversible sur le changement d'état.

Il y a donc non seulement réversibilité de l'échange d'énergie, mais également réversibilité de l'action propre de chaque énergie, quand plusieurs sortes d'énergie sont en concurrence.

*
* *

21) Si l'on s'est longuement étendu sur la généralisation de la réversibilité aux échanges complexes d'énergie c'est qu'une recette pratique a été tirée de cette réversibilité pour pouvoir prévoir comment dans certains cas une certaine forme d'énergie se divisera en plusieurs autres.

Cette recette porte le nom de loi du déplacement de l'équilibre. Elle a été énoncée par Le Chatelier en 1884 sous la forme suivante :

« Toute variation d'un des facteurs de l'équilibre stable d'un système provoque une modification qui, si elle était seule, entraînerait une variation en sens inverse du facteur considéré. »

Ces termes sont bien mal choisis, car une variation d'un système en équilibre n'est jamais seule ; elle est toujours la conséquence d'un apport d'énergie. Si bien que, malgré son énoncé, la recette consiste toujours à comparer l'action de deux sortes d'énergie : la chaleur et la pression. En pratique on déduit de l'observation de l'action de la chaleur, la manière dont le changement d'état considéré combine les énergies extérieures pour en faire une énergie interne, et on applique la connaissance de cette combinaison à l'action de l'autre apport d'énergie.

Ainsi dans le cas de la vaporisation, chaleur et pression ont des effets opposés ; dans le cas de la fusion de la glace, chaleur et pression ont les mêmes effets qui s'ajoutent. L'effet de la chaleur étant toujours de provoquer un changement d'état dans le sens de l'augmentation d'énergie interne (solide, liquide, gaz) celui de la pression se déduira

automatiquement (contraire dans le cas de la vaporisation, semblable dans le cas de la fusion de la glace) (1).

Simple application du principe de la réversibilité, la loi de Le Chatelier a fait illusion par ses termes généraux, dépouillés de toute expression particulière à la thermodynamique et a fait naître des espoirs dans les esprits de ceux qui cherchent à transposer dans d'autres sciences les concepts acquis en physique.

Malheureusement, un énoncé inexact lui donne une allure dynamique. Les mots « qui était seul » peuvent faire croire qu'un déplacement de l'équilibre engendre une force qui ramène à l'état initial, alors qu'il n'y a rien de tout cela dans la réalité (2) : le déplacement d'équilibre n'a aucune action de lui-même, puisqu'on ne fait que se trouver toujours dans des positions d'équilibre. C'est un phénomène passif : l'équilibre se laisse déplacer vers un autre équilibre à énergie interne plus forte sous l'action d'un apport d'énergie extérieure.

Les oscillations au contraire, avec lesquelles il ne faut pas les confondre sont un mouvement de rappel trouvant son origine dans la rupture de l'équilibre.

Ce qui a pu faire illusion c'est que les analyses des deux cas tirent de la réversibilité des aspects logiques semblables.

***

22) *Stabilité.* — La réversibilité d'une transformation suppose une suite d'équilibres qui se succèdent sans heurt. Une image, empruntée à la mécanique caractérise une telle

(1) Dans le cas où un seul apport d'énergie extérieure se ventile en plusieurs énergies internes, on prend comme comparaisons une série de systèmes différents, dans lesquels l'apport n'est plus un apport d'énergie, mais un apport matériel (cas de la dissolution où l'on considère la chaleur de dissolution).

(2) En particulier M. André Vincent dans *La Conjoncture science nouvelle* a eu le grand mérite de chercher à généraliser cette loi à l'économie. Mais il ne pousse pas son analyse et il semble qu'il confonde déplacement d'équilibre et oscillation ; car il invoque l'exemple des morues et des petits poissons dont il sera parlé au chapitre suivant.

suite. On appelle stable une suite d'équilibres, quand « l'opérateur dispose à son gré de la grandeur et du sens d'une réaction continue et réversible » (1). Tels sont les cas dans lesquels nous nous sommes placés.

Il arrive quelquefois en effet qu'une légère variation d'une grandeur caractéristique (une légère compression par exemple) occasionne un changement brusque de l'état du système (une explosion dans l'exemple considéré). On croyait jusqu'alors se trouver dans des équilibres stables : on se trompait.

C'est qu'en réalité plusieurs états sont possibles pour un système donné. La nature est comme une maison à étages : on peut se déplacer horizontalement en équilibre sur un palier. De même le système n'évolue pas de lui-même pour changer d'étage. Mais seul le rez-de-chaussée offre une sécurité complète car à un étage plus élevé une suite de déplacements horizontaux peut amener à une porte ouverte sur le vide.

Certains systèmes ont donc plusieurs états possibles : le plus probable de tous correspond au rez-de-chaussée, et les autres qui sont à un degré de probabilité moindre, mais néanmoins maximum pour les états voisins sont l'image des étages.

Ainsi, en prenant des précautions, on peut amener de l'eau à l'état liquide au-dessous de 0° à la température atmosphérique sans provoquer une solidification, mais cette dernière peut survenir à tous moments. Un explosif n'est autre qu'un mélange de corps dans un état qui tient beaucoup moins de place que l'état le plus stable des équilibres chimiques possibles.

L'image de la mécanique est donc inexacte ici. Tant qu'elle subsiste, la suite d'équilibre instable a la même propriété qu'une suite d'équilibre stable. Mais quand elle s'arrête

(1) Définition extraite du *Traité de Chimie* de MM. Lamirand et Brunold.

brusquement (et lorsqu'on s'en aperçoit expérimentalement il est trop tard pour arrêter le phénomène) le mouvement n'est plus du tout une suite d'équilibre : c'est l'acheminement à sens unique d'un phénomène naturel vers son état d'entropie maximum.

V. — LES PRINCIPES COMMUNS AUX DIFFÉRENTS ÉQUILIBRES PHYSIQUES

23) Si l'étude précédente a séparé l'équilibre mécanique et l'équilibre thermodynamique, c'est parce que les deux notions se sont dégagées à des époques différentes et d'une manière différente, la première ayant donné son nom à la seconde.

Mais il ne faudrait pas croire que le caractère de chacun de ces équilibres soit spécial, et qu'il y ait deux phénomènes distincts dans leurs principes pour la mécanique et la thermodynamique.

D'autres exemples concrets, qui ont été moins liés à l'évolution de l'idée de l'équilibre, font la transition entre les deux types. Par exemple un ressort dont une extrémité est fixe et qui est étiré par une force agissant sur l'autre extrémité.

Pour chaque valeur donnée de la force, il y a une valeur correspondante de l'élongation pour laquelle le système est en équilibre. Pour chaque valeur de l'élongation, le système est soumis également à une force donnée. Cette correspondance est comparable en tous points aux rapports entre le volume et la pression d'un gage situé dans une éprouvette à piston.

Mais si la force est constituée par un poids fixe, si le ressort est en position verticale et si l'on suspend brusquement un poids déterminé au ressort, mettant en œuvre d'un seul coup la force, les oscillations se produisent autour de la position d'équilibre telle qu'elle a été déterminée

auparavant. Le système se comporte alors plutôt comme un pendule.

Il ne faut donc pas opposer systématiquement les deux notions d'équilibre mécanique et thermodynamique.

Partant de leur caractère commun dans des domaines différents, des cas d'espèce particuliers ont pu donner lieu à des applications diverses du même principe. Il faut donc chercher ce qui est commun à tous les cas.

Ce qui est commun à tous les équilibres est l'immobilité, mais ce n'est pas n'importe quelle immobilité. C'est une immobilité en présence d'une possibilité de mouvement ou si l'on préfère c'est l'immobilité cas particulier du mouvement et non l'immobilité de l'inertie. Le terme « mouvement » est, bien entendu, pris dans son acception la plus large d'absence de variation d'une grandeur caractéristique.

Étant intimement relié au mouvement, l'équilibre tire son premier caractère le plus essentiel de celui du mouvement en puissance dont il est le cas particulier. Le deuxième caractère, plus formel, tient au nombre des positions d'équilibre.

A) La nature du mouvement en l'absence duquel consiste l'équilibre

24) L'équilibre devant son caractère au mouvement, il est normal qu'il y ait autant de types d'équilibre qu'il y a de types de mouvement. Or ceux-ci sont deux.

Max Planck a parfaitement dégagé la différence profonde qu'il y a en physique entre les lois dynamiques et les lois statistiques.

Les premières sont des lois causales, c'est-à-dire dont la forme satisfait pleinement notre esprit. Une force par exemple attire un corps. La loi qui exprime cette attraction est une loi simple qui met en jeu une cause précise, facile à comprendre par intuition : la force, et une conséquence : le mouvement.

L'équilibre, cas particulier du mouvement, est une conséquence d'un état particulier de la cause du mouvement : dans l'exemple précédent, la force cause un déplacement ; l'équilibre est obtenu quand est nulle la force qui engendre le mouvement.

On peut considérer la cause d'un mouvement comme la résultante de plusieurs actions partielles. Ces termes mêmes montrent que cette considération abstraite procède d'un état d'esprit mécaniciste. Alors, chaque action, si elle était seule, tendrait à créer un mouvement élémentaire. En état d'équilibre ces mouvements élémentaires, ainsi abstraitement décomposés, s'annulent. On les appelle des tendances. Si dans le premier exemple de cette étude des chèvres arc-boutées cornes contre cornes, on ôte brusquement l'une des chèvres, l'autre tombe en avant. Cette chute provoquée matérialise la tendance qu'avait la chèvre à se déplacer.

Quand il n'y a que deux tendances, on peut analyser l'équilibre comme obtenu par des tendances égales et de sens opposé. Quand on décompose le mouvement en puissance en plus de deux tendances, l'opposition est moins nette. De l'aveu de Fontenelle que nous avons déjà cité, la difficulté effrayait les savants du XVIII^e siècle. Que dire alors de l'opposition des tendances de la température, du volume, et de la pression d'un gaz. On peut certes dire qu'un gaz comprimé est en équilibre quand sa pression externe est en équilibre avec sa pression interne, mais on n'ajoute guère grand'chose en parlant de tendance.

Si des difficultés se manifestent pour l'opposition de plus de deux tendances, elles sont encore plus grandes quand on veut décomposer un équilibre dû à une seule force qui s'annule sur une résistance. Il est difficile en effet d'assimiler la résistance à une tendance.

Mais dans ce cas, la généralisation est venue d'une notion d'un ordre plus élevé et moins intuitif que la force : le potentiel. Le potentiel est une fonction définie en chaque

point de l'espace et la force est le vecteur dérivé du potentiel. Dire qu'une force est nulle (ce qui en pratique est la condition des équilibres mécaniques) revient alors à dire que le potentiel a une dérivée nulle ; donc il est maximum ou minimum. Cette notion abstraite a eu du succès, parce qu'elle s'est trouvée facilement transposable en chimie et en thermodynamique où le potentiel s'est trouvé être l'énergie du système. L'équilibre correspond donc à une énergie maximum ou à une énergie minimum du système.

Décomposition en tendances ou annulation du potentiel peuvent être dans certains cas des manières simples et imagées, quoique abstraites, de concevoir l'équilibre. Mais le seul caractère commun à tous les équilibres de cette première sorte est l'existence, pour le mouvement dont ils sont un cas particulier, d'une cause simple dont certains états engendrent ce cas particulier.

Dans les lois statistiques, la notion de cause est moins nette. Une telle loi embrasse en effet un nombre suffisamment grand de phénomènes élémentaires agissant directement pour que la cause propre à chacun d'eux n'apparaisse pas dans l'action d'ensemble. Un exemple peut s'en trouver dans la chaleur d'un gaz qui est la moyenne de la vitesse de chacune des particules élémentaires constituant le gaz.

L'équilibre n'est plus alors l'annulation d'un mouvement simple, mais la moyenne de mouvements multiples. Alors que les tendances à se déplacer d'un corps en équilibre étaient des notions abstraites, les mouvements élémentaires de l'équilibre statistique sont réels. L'équilibre est alors réellement une somme de mouvements. Mais en pratique on ne mesure toujours qu'une immobilité.

Dans la nature, de tels équilibres se rencontrent fréquemment chez les gaz. Les solides au contraire présentent une cohésion qui n'est autre qu'une organisation de l'action des particules élémentaires, au moins en ce qui concerne les phénomènes mécaniques.

Toute organisation tend à créer des lois causales et à sortir du domaine statistique. Un grand nombre d'actions élémentaires en effet donne lieu à une loi causale s'ils sont groupés ou organisés, et à une loi statistique s'ils sont répartis complètement au hasard.

L'équilibre d'un système organisé sera de la première sorte. Celui d'un mouvement désordonné sera de la seconde espèce.

25) *Le mouvement autour de la position d'équilibre.* — Pour les valeurs des variables voisines de la position d'équilibre, il y a mouvement. Mais en pratique la question des mouvements autour de la position d'équilibre se présente dans les mêmes problèmes que les questions relatives à l'équilibre. La distinction entre mouvements dus à une loi causale et mouvements dus à une loi statistique subsiste donc encore.

Si le mouvement est dû à une loi causale, il est fonction des variations de la cause, si la cause varie elle-même avec les déplacements, ou plus généralement les changements de valeur des variables caractéristiques du système.

En particulier, si l'on a décomposé le mouvement en deux (ou plusieurs) tendances, il sera peut-être plus facile d'étudier les conséquences de chacun des mouvements élémentaires. De même si l'on a déterminé un potentiel, il sera plus aisé de suivre les variations de ce potentiel.

Un cas fréquent en pratique est celui des mouvements autour de l'équilibre stable. Leur cause est telle que le système étudié est rappelé vers la position d'équilibre : ainsi les mouvements restent indéfiniment autour de la position d'équilibre, sans d'ailleurs l'étreindre : on dit qu'il y a des oscillations, en étendant ce terme aux cas plus généraux qu'aux oscillations mécaniques de toutes variations.

Bien que simple cas particulier du mouvement autour

de la position d'équilibre, les oscillations méritent de retenir l'intérêt. Elles permettent, en effet, l'action d'un autre phénomène, dû à une loi de caractère statistique : le frottement, qui ramène le système à l'état d'équilibre.

Il ne faut pas confondre les oscillations avec un déplacement d'équilibre. Ces deux phénomènes ont en commun les caractères de la réversibilité. Mais le mouvement oscillatoire contient dans l'éloignement de la position d'équilibre la cause qui le ramène vers cette position, alors qu'au contraire le déplacement de l'équilibre ne connaît aucune force de rappel.

La caractéristique du mouvement oscillatoire est l'inertie qui permet à la cause de produire son effet à retardement, sans toutefois lui permettre un retard durable. Si l'effet était produit instantanément, il s'opposerait à ce que le système aille au delà de la position d'équilibre, ou plus exactement il n'y aurait pas de position d'équilibre unique.

Le pendule par exemple possède une masse d'inertie qui lui permet d'emmaganiser l'énergie cinétique et une masse pesante (égale à la précédente) qui lui permet d'emmagasiner l'énergie potentielle. Ainsi l'action de l'une et l'autre énergie peut se faire sentir alternativement.

Il y a un lien entre l'existence de cette action retardatrice, et l'unicité de la position d'équilibre. Celle-ci est due en effet à une certaine rigidité du système qui va de pair avec son inertie.

Pour prendre un exemple en dehors de la physique on citera l'alternance classique des morues et des petits poissons. Sur certains bancs de Terre-Neuve, les morues se nourrissent exclusivement de certains petits poissons. Or on constate des mouvements oscillatoires dans le nombre de morues existantes. Les statisticiens expliquent que ce phénomène est dû à la trop grande prolifération des morues quand elles trouvent beaucoup de petits poissons pour se nourrir. Mais comme il y a beaucoup de consommateurs,

la nourriture diminue ; alors le nombre des morues finit par diminuer aussi et présente un minimum. A ce moment, comme il y a peu de morues pour la nourriture existante, leur nombre recommence à croître, et le cycle recommence.

On cite souvent cet exemple, mais on s'aperçoit plus rarement que s'il n'y avait pas d'action retardatrice, il y aurait un équilibre unique entre la cause, en l'occurence le nombre des petits poissons, et la conséquence qui est le nombre des morues.

Ce qui retarde l'accroissement du nombre des morues, c'est qu'il faut un certain temps pour augmenter le nombre des consommateurs quand le nombre des petits poissons augmente ; ce qui retarde la diminution du nombre des morues, c'est la capacité de jeûne qu'elles présentent quand le nombre des petits poissons diminue. Ainsi, on peut analyser des causes retardatrices dans tout phénomène d'oscillation.

Plus généralement, tout mouvement qui a une cause simple est en général réversible, c'est-à-dire que l'on peut concevoir facilement la variation inverse du phénomène considéré, et qu'en général on peut la réaliser.

Or, un mouvement réversible n'amène jamais de lui-même à la situation d'équilibre. Le mouvement inverse en effet conduirait de l'équilibre au mouvement, ce qui est contraire à la notion même d'équilibre, qui ne peut disparaître sans influence extérieure.

26) *Mouvements statistiques.* — Ces mouvements s'opposent aux mouvements déterminés qui caractérisent la rupture des équilibres précédents. Ils ont comme première conséquence de rendre indéterminables les moyennes qui constituaient les grandeurs précédemment en équilibre. Il n'y a plus à proprement parler dans ce cas des mouvements autour de la position d'équilibre : on ne peut plus parler que d'écarts moyens.

Mais la perturbation qui a rompu l'équilibre aura eu pour effet de mettre l'ensemble des divers éléments du système dans un état qui n'est pas le plus probable, étant donné les circonstances extérieures. Ainsi, quand un verre d'eau et un verre de vin sont mis subitement en contact, la coexistence d'eau pure et de vin pur n'est pas l'état le plus probable dans l'ensemble du système.

Aussi, quand toute cause de perturbation est éliminée, et même si la perturbation se poursuit, sans en attendre la fin, se produit-il un acheminement du système physique vers l'état le plus probable, qui est en état d'équilibre moyen entre les diverses actions éventuelles.

Cette évolution irréversible est la seule qui conduise à l'équilibre : c'est celle du frottement de la conductibilité thermique, de la diffusion des gaz, des liquides et de la chaleur.

En pratique, on ne trouve guère de mouvement dû uniquement à des lois statistiques, et encore moins de mouvement dû uniquement à des lois causales. Les exemples réels sont toujours de caractère mixte. Le meilleur en est l'oscillation amortie d'un pendule qui réunit le phénomène réversible de l'oscillation pure et les frottements irréversibles.

La physique moderne peut être envisagée sous l'angle des transformations d'énergie. Alors les transformations réversibles sont souvent analysées comme des conséquences de lois causales, alors que l'augmentation indéfinie de l'entropie est la cause des transformations irréversibles.

Mais la distinction entre lois causales et lois statistiques, partant entre l'équilibre de tendances et l'équilibre statistique semble devoir déborder le domaine de la seule physique et être utile pour toutes les études de phénomène complexe.

B) Le nombre des positions d'équilibre et le déplacement de l'équilibre

27) Le nombre des positions d'équilibre est indépendant de la nature causale ou statistique du mouvement en puissance. Sa détermination relève de la pure logique.

Un système physique comporte plusieurs grandeurs variables sur lesquelles porte la mesure de l'observateur. Ces grandeurs peuvent être totalement indépendantes, comme dans l'exemple classique de la longueur d'un bateau et de l'âge du capitaine. Dans ce cas, il faudra deux instruments de mesure distincte : une chaîne d'arpenteur et un acte de naissance. L'absence de liaison entre les deux variables, autrement dit leur indépendance relative s'exprime par le fait que l'on peut placer un capitaine de n'importe quel âge sur n'importe quel bateau.

Mais la réalité physique consiste précisément en ce que l'on ne peut pas fixer aussi arbitrairement tous les éléments d'un problème. On peut fixer par exemple la température et le volume d'un gaz, mais alors la pression de ce gaz en résultera, à l'état d'équilibre où seule elle sera définie. Les trois éléments sont liés par une relation qui consacre en quelque sorte la structure même du gaz.

Le nombre des positions possibles d'équilibre dépend de deux éléments : le nombre des grandeurs nécessaires pour caractériser le système et le nombre des relations structurelles nécessaires à l'état d'équilibre.

S'il y a moins de grandeurs variables que de lois, le système ne pourra pas être réalisé.

S'il y a autant de grandeurs variables que de lois, le système ne pourra être déterminé, donc en équilibre, que pour certaines valeurs des variables bien déterminées.

Un pendule par exemple est déterminé par une seule grandeur variable : sa position. Il y a une seule loi reliant la position à l'action de déplacement. Il comporte

donc un nombre fini de positions d'équilibre (1). En fait, il en comporte deux : l'une en bas à la verticale qui est l'équilibre stable ; l'autre en haut, également à la verticale, qui est l'équilibre instable.

Le système comprenant de la glace, de l'eau et de la vapeur ne peut de même être réalisé qu'à une température et une pression bien déterminées (2). De tels systèmes sont dits invariants.

S'il y a plus de variables que de grandeurs, on pourra déterminer arbitrairement autant de grandeurs variables indépendantes qu'il y en a en surplus. Ces dernières étant définies, on sera ramené au problème précédent d'un système invariant, c'est-à-dire que le système ne pourra être en équilibre que pour une série de valeurs bien déterminées des autres grandeurs.

Ainsi quand on a fixé la température d'une solution saturée, on a déterminé par là même la concentration de la solution et sa pression de vapeur.

La règle des phases ne fait que préciser ces règles logiques à la chimie physique en tenant compte de particularités des relations entre les variables.

Quand il y a ainsi un certain degré de liberté, on peut considérer une infinité de valeurs d'équilibre, et réaliser en pensée, ou même pratiquement avec des précautions, un mouvement très lent dont toutes les positions soient voisines de positions d'équilibre : ainsi, la tension d'un ressort, la compression d'un gaz, et, plus généralement, ce que l'on appelle en chimie physique un déplacement de l'équilibre.

(1) Si l'on considère la force comme variable indépendante, le pendule comporte deux grandeurs variables, mais également deux relations liant ces grandeurs : la position détermine la force et la force détermine la variation de position (cette relation est d'ailleurs différentielle).

(2) Le système comporte quatre variables, température, pression, proportion glace-eau, et proportion eau-vapeur. Mais les liaisons sont telles que la proportion glace-eau est celle qui doit varier la première. Aussi trois relations suffisent-elles à définir les trois premières variables.

C'est l'égalité de leur variance qui donne au gaz dans un ballon et au poids suspendu à un ressort une même infinité de positions d'équilibre dont l'analogie apparente s'oppose à l'unicité de la position d'équilibre d'un pendule.

Cependant le gaz est soumis à des relations statistiques alors que le ressort pesant suit des lois causales.

Plus encore que celle des mouvements sous-jacents à l'équilibre, la théorie de positions d'équilibre semble devoir être plus générale que les phénomènes physiques pour lesquels elle a été élaborée. Mais ceux-ci, en général, simples et imagés, seront toujours pour l'esprit une excellente référence. Ils ne seront jamais que cela.

Chapitre II

L'ÉQUILIBRE DES BIOLOGISTES

I. — NOTION DE L'ÉQUILIBRE EN BIOLOGIE

A) L'organisation

1) *Unité de l'individu vivant.* — L'étude physique porte sur des systèmes plus ou moins arbitrairement définis : il faut bien isoler du monde extérieur, au moins par la pensée, une certaine quantité de matière formant un tout, auquel se rapportent les observations et les mesures. En effet, entre la terre et la molécule, il n'y a aucun ensemble naturel.

La biologie est à ce point de vue plus favorisée. Le phénomène de la vie groupe plus naturellement ses éléments autour de lui : un être vivant constitue un tout bien déterminé ; sa considération est largement indépendante de l'arbitraire de l'observateur.

Cependant, l'organisation constituant un individu peut comprendre à titre d'éléments d'autres individus. Le corps humain, par exemple, est constitué de cellules ; malgré qu'il existe quelques individus monocellulaires pesant jusqu'à 500 grammes, on peut considérer que la grande majorité des végétaux et des animaux sont composés de cellules, à moins qu'ils ne soient à l'échelle cellulaire.

Mais l'individu pluricellulaire apporte une nouveauté par rapport à la cellule. Il a un commencement, appelé naissance, et une fin, qui est sa mort. Au contraire, la

cellule se divise infiniment sans que l'on puisse dire qu'une organisation nouvelle soit constituée ou disparaisse. Ce qui va suivre sera plutôt relatif à l'individu pluricellulaire.

***

2) *Caractères propres de l'organisation.* — La conception de l'ensemble contenant des éléments matériels risque de donner une fausse idée de l'individu vivant. Les éléments constitutifs de ce dernier, au sens physique du mot, changent constamment. La plupart des cellules, à l'exception des cellules nerveuses, sont remplacées périodiquement ; ce qui faisait dire avec justesse à Guillaume Apollinaire que la boulangère changeait de peau tous les sept ans. D'autres rythmes de remplacement sont plus rapides.

En outre, les cellules elles-mêmes sont en perpétuelle transformation : elles reçoivent des éléments matériels et en expulsent d'autres ; ce phénomène, appelé nutrition, est une condition essentielle de la vie à laquelle il est intimement lié. Un individu n'est donc ni un système physique, ni un système chimique isolé puisque sa vie même est faite d'échanges avec l'extérieur.

Si l'on confond généralement l'organisation individuelle avec un ensemble d'éléments matériels, c'est que la plupart des éléments matériels les plus importants qui participent à cette organisation sont rassemblés et protégés dans une enceinte naturelle : le corps.

Mais les éléments ainsi rassemblés ne sont qu'une partie de ceux nécessaires à l'organisation. Celle-ci a des éléments extérieurs, et même dans le cas de l'homme, des éléments immatériels : la pression de l'air, les difficultés physiques, ou les contraintes morales. Aussi, des biologistes ont-ils nié qu'il existât des limites à l'homme.

Cette assertion même n'est pas heureuse, car elle implique que l'organisation soit un ensemble de sub-

stances matérielles : elle élargit seulement la limite de cet ensemble. Mais l'organisation est au-dessus d'une quantité de matières. Elle a certes besoin de la matière : la respiration est entravée par la destruction des poumons, comme par l'absence d'oxygène de l'air, de même qu'une cellule ne peut survivre si on écrase ces éléments.

Mais l'organisation est un phénomène nouveau, inconnu de la matière inerte et ne trouvant pas son siège dans un système physico-chimique. C'est une coordination d'effets matériels, mais ce n'est pas un ensemble de matériaux. Elle est, par rapport à la matière, un peu comme la pensée par rapport à elle-même : elle en a besoin pour exister.

***

3) *Concepts biologiques.* — Étude de l'organisation, la biologie se distingue de la physique et de la chimie, études de la matière inerte. Elle a ses lois propres, qui ne violent pas les lois physico-chimiqes, mais qui sont sur un autre plan, puisqu'elles affirment des relations de succession entre des phénomènes différents.

Elle a aussi ses méthodes propres et ses propres instruments de mesure. Mais elle peut, dans certains cas, utiliser les mesures et les notions de la physique et de la chimie, alors que le contraire n'est pas vrai. L'organisation groupe des éléments matériels dont elle ne peut aller à l'encontre des lois, alors que la matière inerte existe et a des lois préalablement à toute organisation. C'est en ce sens qu'Auguste Comte a pu trouver un ordre hiérarchique entre la biologie et la physique.

Cependant, l'étude scientifique de l'organisation a été tardive. Le Dr Carrel en voit la cause dans ce que l'esprit humain, plus mathématique, est orienté vers les vérités simples de la physique, plutôt que vers la complexité de la vie. Il donne aussi comme raisons que les besoins vitaux de l'humanité exigeaient d'abord une connaissance de

l'extérieur, et au premier chef de la nature physique. Le positivisme rend responsable de ce retard la plus grande complexité liée à la moins grande généralité des sciences à mesure que l'on avance dans l'ordre hiérarchique.

Quoi qu'il en soit, les savants qui ont donné sa forme scientifique actuelle à la biologie ont pu disposer des notions et des concepts élaborés depuis longtemps par les physiciens, notamment en mécanique. Aussi n'ont-ils pas manqué de parler d'équilibre en biologie.

B) L'équilibre de l'individu

4) *Unité de l'équilibre en biologie.* — Les biologistes ne peuvent pas entendre par équilibre un phénomène physique, puisqu'ils sont biologistes. Certes, dans certains cas, où ils ont pu isoler des mesures proprement chimiques, et le meilleur exemple s'en trouve dans la composition du sang, ils peuvent à cette occasion appliquer des lois et invoquer des notions purement chimiques. Mais l'abstraction qu'ils font en considérant isolément ces mesures ne doit jamais être perdue de vue. Elle n'est d'ailleurs possible que dans les cas isolés.

La vie, au contraire, semble être un déséquilibre physico-chimique permanent : « Dès que la nutrition cesse, les organes se mettent en équilibre avec le milieu. et meurent » dit justement Carrel. L'organisation a donc pour effet de ne pas laisser établir l'équilibre physique et chimique qui, sans elle, aurait normalement lieu entre les éléments matériels qui la constituent. C'est donc le contraire même de l'équilibre au sens physique.

Puisque la notion d'équilibre n'a pu être transposée telle qu'elle en biologie, il faut voir comment a été adapté, et comment a pu s'adapter dans cette dernière science le concept de mouvement (c'est-à-dire de variation) et d'immobilité (c'est-à-dire de constance).

La vie est un phénomène collectif. Au rebours des actions élémentaires de molécules de gaz dont les lois physiques ne sont que la constatation de l'indépendance complète de mouvement, l'ensemble des détails de l'organisation se comporte comme si celle-ci était essentiellement une.

On peut se refuser à transformer le « comme si » prudent de NEWTON en affirmation franchement finaliste. Mais, en pratique, il faut mener l'étude de la vie comme celle d'une unité : la vie est ou n'est pas, en bloc. Aussi les vues partielles que l'on peut en avoir résultent-elles probablement de la constitution de notre esprit, incapable de saisir la complexité de la vie. Toute notion biologique intéresse l'individu en entier : l'équilibre biologique ne peut faire exception à cette règle.

***

5) *L'équilibre, « cas particulier du mouvement »*. — Unique comme la vie, l'équilibre biologique n'est peut-être que la constance de l'organisation, malgré les variations qu'elle pourrait subir. C'est tout au moins la généralisation la plus immédiate du principe que nous avons dégagé en physique générale, comme élément le plus important de l'équilibre.

L'organisation est, en effet, fixe dans son fonctionnement qui assure non seulement la vie, c'est-à-dire les échanges de la nutrition à un moment donné, mais aussi la persistance de cette organisation semblable à elle-même, au moins dans un espace de temps assez court. Ainsi l'organisation présente un double caractère ; elle est à la fois la vie et sa propre continuité. C'est plus particulièrement ce second aspect qui forme la constance de l'équilibre biologique. Le mouvement malgré lequel est assuré cet équilibre, c'est le déséquilibre physique et chimique perpétuel, le remplacement continu des cellules et de leurs

constituants, au milieu duquel l'organisme assure une fixité.

Nous sommes tellement habitués à cette constance générale que nous ne la remarquons pas. Nous ne voyons pas ce qu'il y a de remarquable à ce que notre organisme soit toujours semblable à lui-même. Notre propre développement, les métamorphoses des insectes devraient nous montrer que chaque moment de la vie pourrait transformer complètement l'équilibre même de notre organisme.

Cette fixité ressort également de la comparaison que l'on peut faire entre les divers types d'individus animaux ou végétaux existant à un moment donné dans la nature. Chaque individu se développe en restant semblable à lui-même et en ne s'écartant guère d'un schéma que l'on peut construire d'après les développements des autres individus de la même espèce.

Il y a une discontinuité complète, entre les diverses organisations existantes, au moins à une certaine échelle. Autrement dit, on ne peut confondre l'équilibre « homme », l'équilibre « singe » ou l'équilibre «chien ».

A l'intérieur de chaque espèce, chaque individu a également son équilibre propre qui lui est caractéristique. C'est ainsi que l'on constate un tempérament sanguin, lymphatique ou nerveux. De même certains individus sont un terrain pour certaines infections ou pour certaines dégénérescences. Tempérament et terrain restent les mêmes chez les mêmes individus.

Ainsi, chaque individu existant est préservé des variations qui lui feraient perdre les caractères généraux de son espèce, et même ses caractéristiques propres. C'est dans ce sens que l'on peut dire qu'il est équilibré : les divers phénomènes dont il est le siège sont guidés de manière à obtenir de tels résultats.

C) Les équilibres partiels

6) *Constances partielles.* — Telle est la vue d'ensemble sur l'individu. Mais avant de pouvoir réunir en une vaste synthèse toutes leurs connaissances, les biologistes ont dû faire des études partielles de certains détails de l'organisation. Ils ont isolé l'action de certains facteurs, examiné des phénomènes locaux.

A l'occasion de ces travaux, ils ont rencontré certaines constances, c'est-à-dire certains détails qui ne varient pas dans l'organisation. C'est d'abord, malgré l'acquisition et la perte incessante des cellules, et malgré leur nutrition continue, la fixité de l'organisation générale et des formes de l'individu.

Mais la croyance en des organes composés d'éléments matériellement stables a longtemps caché, ou rendu moins intuitives une telle constance pourtant remarquable au milieu des mouvements de la vie. Aujourd'hui encore l'équilibre structurel et morphologique de l'individu semble tout naturel.

Le développement de la physiologie a ensuite permis de décomposer l'organisation en fonctions : nutrition, circulation, relation, locomotion, reproduction.

Encore qu'il y ait quelque arbitraire à les isoler, chacune de ces fonctions forme en première analyse un tout dont on peut considérer la constance comme un équilibre partiel de l'organisme.

De plus chacune d'entre elles se laisse décomposer, à des degrés inégaux, en éléments qui présentent des caractères plus ou moins constants dans le fonctionnement de l'organisme. Chacune de ces constances est également un équilibre partiel. Plus encore, chacun de ces équilibres partiels peut être considéré à un point de vue particulier.

La nutrition, par exemple, peut être décomposée en nutritions élémentaires de chaque cellule, ce qui forme une

série d'équilibres partiels. Ceux-ci à leur tour peuvent par exemple être étudiés du seul point de vue de la quantité de soufre constante qui reste dans la cellule.

Mais c'est la circulation qui présente pour les savants la tentation la plus grande de généraliser l'équilibre physico-chimique à la biologie. Le sang a, dans un individu normal, une pression, un débit, une température et des caractères chimiques et biologiques bien déterminés. Son acidité mesurée par son pH (1) doit par exemple rester constamment voisine de 7, 35. Si on met de l'acide dans le sang humain, le pH n'est pas altéré. Il le serait si l'on avait versé de l'acide dans n'importe quelle solution chimique. Il y a donc là une constance qui semble contradictoire quand on considère le sang : il est normal de l'appeler équilibre sanguin.

Le système de relation présente des constances moins intuitives, qui ont pour cela moins attiré l'appellation d'équilibre. Par exemple l'organisation nerveuse présente une constance remarquable, mesurée par la chronaxie (2). D'autres constances intéressent l'organisme tout entier, mais à certains points particuliers : ainsi la température du corps.

Il y a évidemment de l'arbitraire à considérer ces équilibres partiels indépendamment de l'ensemble. On isole un élément, la pression ou la température, parce que les concepts de pression et de température sont très familiers à l'homme, et peuvent être susceptibles de mesures

(1) Le pH d'un liquide, ou potentiel Hydrogène est le logarithme du rapport entre la quantité d'ions hydrogènes (acides) et d'ions oxhydriques (basiques) que contient la solution. Il est mesuré en pratique par des colorants très sensibles dont le tournesol est l'ancêtre rudimentaire.

(2) La constance qui s'est le mieux dégagée des expériences relatives à l'influx nerveux est la durée minimum qui doit, pour exciter un nerf, avoir un courant d'une intensité ou d'un voltage égal à deux fois le courant juste nécessaire pour exciter le nerf, en y mettant tout le temps voulu (courant de seuil), ce temps, appelé chronaxie est caractéristique du fonctionnement de chaque nerf.

précises par les physiciens qui disposent de baromètres et de thermomètres. De même on a choisi la chronaxie comme caractéristique des systèmes nerveux, parce que c'est une constance qui peut finalement se ramener à des mesures physiques, en l'occurrence à des mesures de temps.

D'autres vues sur l'organisme, par exemple l'ensemble des phénomènes qui caractérise la peur, ou la réaction au froid, présentent peut-être une unité réelle plus grande et mériteraient pour cela à plus juste titre le nom d'équilibre partiel. Mais ils ne peuvent être traduits, malgré leur unité physiologique, que par un ensemble d'observations et de mesures physiques différentes.

Il semble néanmoins que la nature a parfois encouragé notre manière arbitraire d'isoler certaines constances. Ainsi la pression du sang, fait, comme on le verra, l'objet d'une régulation propre, par l'intermédiaire de nerfs spéciaux ; aussi l'on serait tenté de considérer l'équilibre de la pression sanguine comme un phénomène, faisant certes partie d'un ensemble, mais naturellement bien défini, de même qu'un groupe de soldats a comme seule mission de défendre un poste jusqu'à la mort, sans se soucier de la stratégie générale. Mais des études plus poussées montrent une complexité plus grande de l'organisme. L'action nerveuse en général n'est jamais seule. Elle se double d'une action hormonale, c'est-à-dire que les glandes à secrétion interne agissent également dans le même sens que l'influx nerveux. La simplicité naturelle était un trompe-l'œil.

***

7) *Nature du mouvement dont l'équilibre est le cas particulier.* — Le concept d'équilibre, tel qu'il a été élaboré en physique générale, est une immobilité malgré une possibilité de mouvement ou, mieux, une immobilité cas particulier d'un mouvement.

Mais l'ensemble des mouvements qui caractérise la vie est trop compliqué du point de vue physique pour satisfaire l'esprit humain qui aimerait mieux voir l'équilibre se détacher sur un fond de mouvement simple, comme en mécanique élémentaire ou en chimie.

Comprendre, pour l'esprit humain, c'est souvent ramener les phénomènes observés à des modèles déjà étudiés dans une science plus générale. En biologie c'est donc imaginer des modèles mécaniques, ou à la rigueur chimiques, pour des phénomènes de la vie.

Le modèle le plus simple de l'équilibre mécanique est une immobilité se détachant sur un fond de mouvement qui peut être décomposé en deux tendances opposées. Ce cas particulier, très suggestif, a amené certains biologistes à dégager parmi les mouvements innombrables de la vie deux flux de tendance qui s'opposeraient. Cette opposition a pu être tentée avec quelque chance de succès quand l'équilibre étudié avait précisément un caractère mécanique : ainsi le diamètre des vaisseaux sanguins peut être considéré comme soumis à deux catégories d'influences opposées : les unes, tendant à le diminuer sont dites des phénomènes de vasoconstrictions, les autres tendant à l'augmenter sont des phénomènes de vasodilatations. Il se trouve en outre que le système nerveux sympathique et le système nerveux parasympathique actionnent chacun une tendance opposée.

La tentation de faire de cet équilibre partiel l'opposition de ces deux tendances, représenté par le sympathique et le parasympathique est bien grande : par cette simplification l'on oublie l'action des glandes endocrines.

Y succomber serait consacrer le caractère partiel de l'équilibre, à moins que l'on ait toujours présente l'idée de l'équilibre général auquel cas la simplification ne serait qu'une simple méthode d'exposition. Mais, en outre, cette opposition n'exprime pas autre chose que le fait que le

détail isolé arbitrairement a un caractère linéaire, c'est-à-dire qu'il n'est susceptible que d'une variation en plus ou en moins : pression, température, diamètre d'un vaisseau ou même nombre de cellules.

En langage scientifique cela veut dire que l'on étudie arbitrairement une seule variable, en négligeant les autres. Alors on peut toujours symboliser et décomposer les causes de son mouvement en forces opposées. Mais on ne retrouve dans l'image que ce que l'on y avait mis, c'est-à-dire la simplification à une variable.

La transposition pure et simple en biologie d'un autre modèle, l'équilibre chimique, a été également une tentation bien grande car l'organisme a comme constituants plusieurs liquides qui présentent une composition remarquablement constante : la lymphe, le liquide céphalo-rachidien, et surtout le sang. Le sang en particulier, se prête aux mêmes mesures qu'un liquide inerte : pression, température, analyse chimique, etc. C'est précisément, ces grandeurs présentent des constances, d'ailleurs variables ainsi la concentration du sang peut avoir de grands écarts relatifs, alors que son pH est remarquablement stable.

Mais le sang n'est pas qu'un liquide inerte, il présente en outre deux caractères physiologiques très particuliers : d'abord il contient des éléments vivants, ce que tout le monde sait et remarque : en outre il se trouve dans le corps humain ce que tout le monde sait mais remarque moins. Dans un verre le sang n'est plus du sang vivant. Sans être encore un simple composé chimique il n'est plus tout à fait un détail de l'organisme.

La constance de la composition du sang n'est pas plus un équilibre chimique que celle de sa pression est un équilibre physique. Certaines mesures qui rendent compte de cette constance sont évidemment des mesures chimiques ou physiques ; certains des phénomènes élémentaires qui y sont relatifs peuvent être expliqués par des processus chimiques,

et nous le ferons plus loin, mais toujours à condition de n'avoir pour ambition qu'une explication partielle et approximative d'un phénomène vivant.

En résumé le mouvement sur lequel se détache l'immobilité de l'équilibre biologique ne peut être un mouvement physique ou chimique. C'est l'ensemble de toutes les autres actions physiologiques qui tendraient à modifier l'équilibre partiel si celui-ci n'avait pas en lui-même de quoi rester constant.

***

8) *L'équilibre interne et l'adaptation.* — L'équilibre n'est pas que la coordination entre différentes actions de l'organisme. Il adapte aussi cet organisme au monde extérieur. Il n'y a pas contradiction entre cette assertion et le refus de considérer l'organisme comme ayant des limites matérielles.

Par extérieur, en effet, nous entendons tout ce sur quoi l'individu n'a pas d'action directe (en négligeant évidemment celle que l'homme retire de sa connaissance du monde) : température, microbes dans le sang, ressources alimentaires en oxygène.

C'est ainsi que l'équilibre général de l'individu ne sera pas le même dans une chambre chaude ou dans une chambre froide, en présence ou en l'absence d'un virus filtrant dans le sang, avec plus ou moins d'eau à la disposition de l'individu. L'organisation n'a pas d'action directe sur la température de la chambre, le virus ou la quantité d'eau. Elle coordonne les actions d'autres éléments tels que la circulation ou la nutrition pour s'adapter à ces contingences matérielles.

C'est dans la mesure où des éléments échappent donc à l'action de l'organisme qu'ils sont qualifiés étrangers, exactement dans l'acception du terme employée dans la

locution « corps étranger » qui désigne un projectile, pourtant situé à l'intérieur du corps.

Si l'on considère, avec Lecomte du Nouy, l'évolution des espèces comme une plus grande liberté de l'organisme vis-à-vis des éléments, on admettra que les individus les plus évolués ont de plus en plus d'action sur la plupart des éléments ; leur organisme finit par agir sur la plus grande partie de l'univers. C'est ainsi que la mobilité permet à l'animal de modifier la température ambiante en se déplaçant. L'homme sait faire du feu, ce qui est une liberté plus grande.

Si en présence d'une adaptation de l'organisme à un corps étranger ainsi défini, on cherche un modèle mécanique, on ne trouve plus une opposition de forces indépendantes. Le corps-étranger est pour l'organisme une « donnée » semblable à l'obstacle qu'une surface offre à une bille, et en fonction de laquelle il va trouver une détermination de ses caractéristiques. Il n'y a plus opposition de tendances différentes, mais plutôt force et obstacle.

Toutes ces représentations physiques sont d'ailleurs illusoires. Elles n'ont été citées ici que parce qu'elles sont souvent évoquées, évitant ainsi d'approfondir le phénomène *sui generis* qu'est l'équilibre biologique. Constances morphologiques ou physiologiques et adaptation au milieu ne sont pas en réalité différentes. Si l'on excepte certaines dégénérescences, dont l'origine est d'ailleurs mal connue, toutes les variations des équilibres internes ont pour origine plus ou moins lointaine une réaction, ou si l'on veut, une adaptation au monde extérieur. De même toute adaptation de l'organisme à celui-ci a pour conséquence de modifier, dans des mesures variables, tous les équilibres partiels.

L'équilibre de l'organisme est unique. C'est pourquoi toutes les vues partielles que l'on en peut avoir ont des caractères communs. Parmi ceux-ci, deux semblent fondamentaux.

Le premier est attaché à l'équilibre immédiat, et rappelle certains traits de l'équilibre et du mouvement physiques.

Le second est relatif au développement de l'équilibre dans le temps, et paraît être particulier à la biologie.

II. — L'ÉQUILIBRE INSTANTANÉ EN BIOLOGIE

A) Variation de l'équilibre

9) *Carence.* — L'équilibre biologique présente dans un espace de temps relativement court deux caractères principaux : il est susceptible de variation ; il est assorti de mouvements de rappel.

La variation de l'équilibre peut être due en premier lieu au manque ou à la substitution des matériaux nécessaires pour constituer l'organisme.

Ainsi un organisme assoiffé ou affamé, un organisme repu, mais carencé en matières minérales (calcium, phosphore) en matières organiques (lipides, protides), ou en vitamines, sont-ils encore en équilibre. Mais ces nouveaux équilibres qui assurent une constance de l'organisation ne sont pas des équilibres normaux.

L'organisme assoiffé a un sang beaucoup trop épais, ou du moins plus épais que l'organisme qui ne l'est pas. Les échanges nutritifs de l'individu affamé sont beaucoup moins actifs. Leur mesure, que l'on appelle métabolisme, permet de se rendre compte qu'ils ont diminué progressivement au fur et à mesure du jeûne.

Dans les carences minérales et les avitaminoses, rien ne vient déceler à l'œil le commencement de la variation de l'équilibre, ce qui montre bien qu'il y a encore équilibre ; mais des mesures précises, ou des accidents secondaires viennent montrer que l'équilibre général de l'organisme n'est plus le même. Tous les équilibres partiels, qui ne sont

que des aspects de cet équilibre général sont atteints par ces variations.

Si l'on abreuve des rats avec de l'eau lourde (c'est-à-dire de l'eau dont l'hydrogène normal a été remplacé par un hydrogène spécial, deux fois plus lourd : le deutérion) tous les tissus de ces animaux changent de composition en acquérant de l'hydrogène lourd à la place de l'hydrogène ordinaire. L'organisme de ces rats constitue évidemment encore un équilibre, mais certains détails présentent des caractères différents de l'équilibre habituel : les os, en particulier, sont plus lourds ; si l'on nourrissait un organisme humain avec des aliments composés uniquement d'eau lourde, le rythme des pensées en serait peut-être changé.

De même la diminution de l'oxygène de l'air crée une légère asphyxie qui change l'équilibre des échanges respiratoires en les accélérant et par là même tous les autres équilibres partiels. Les changements des conditions extérieures, température, pression, état électrique de l'atmosphère, déplacent également l'ensemble des activités du sujet.

L'asphyxie par l'oxyde de carbone, l'empoisonnement grave sont des variations de l'équilibre dues à ce que ces matériaux ont pris la place de matières ordinaires dans l'organisme.

***

10) *Autres variations.* — Les variations de l'équilibre peuvent être dues à d'autres causes.

Le déplacement de certains équilibres partiels, qui entraîne les variations de tous les autres équilibres peut être occasionné par une action de l'extérieur (c'est-à-dire d'un corps étranger à l'organisme) ou par la dégénérescence définitive ou momentanée d'un organe. Si l'on coupe un nerf sympathique, l'équilibre sera déplacé au profit du système parasympathique.

L'augmentation de la température intérieure et le changement du rythme de la circulation, soit par l'augmentation du nombre des battements du cœur, soit par la dilatation des vaisseaux sanguins, peuvent être dûs à de nombreuses causes : infections, fatigues, émotions, efforts, etc. Quelle que soit la cause, ces phénomènes ont pour conséquence de modifier toutes les vues partielles et les mesures que l'on peut avoir de l'équilibre de l'organisme.

B) Réversibilité des variations

11) *Limites des variations.* — Les variations de l'équilibre ne peuvent s'exercer indéfiniment. Elles doivent être comprises entre des limites précises, pour que le fonctionnement de l'organisme puisse continuer à s'exercer. Des limites extrêmes correspondent à la rupture de l'équilibre partiel qui est en variation, c'est-à-dire à la mort de l'organe qui assure l'équilibre.

L'équilibre général peut alors se passer de cet équilibre partiel et continuer à exister ; il peut aussi se rompre, et c'est la mort de l'individu.

Si le pied d'un animal est gelé, l'équilibre des tissus est rompu, et les cellules meurent. Mais pour employer l'expression de Charles Richet « si les cellules vivent ensemble, elles meurent séparément « autrement dit l'ensemble des organismes qui constituent le pied peut être retranché brusquement de l'individu sans que l'équilibre général soit rompu. Ce dernier subit évidemment une variation, qui sera étudiée plus tard.

Par contre si l'on asphyxie le cerveau, les cellules nerveuses meurent et l'équilibre général ne peut pas survivre à la rupture de l'équilibre partiel. Ainsi, suivant les cas, l'équilibre partiel est indispensable ou non à l'équilibre général. Comme le premier n'est qu'un aspect du second, on peut dire que celui-ci présente donc des caracté-

ristiques facultatives, et des caractéristiques obligatoires.

Les limites de variations d'un équilibre partiel sont les plus diverses : ainsi chez l'homme, le pH (degré d'acidité du sang) doit être extrêmement voisin de 7,35 ; la température peut varier de 2 à 3°. Chez les animaux à sang froid des variations de la température de l'ordre de 20 à 30° n'affectent pas l'organisme dont l'équilibre se prête à de telles variations.

Une cellule ordinaire résiste de même à une asphyxie de quelques heures alors qu'une cellule nerveuse ne tolère d'être asphyxiée que quelques minutes à peine.

***

12) *Rupture de l'équilibre.* — Ce n'est pas toujours l'organe qui assure l'équilibre en variation qui est affecté le premier. Tous les équilibres partiels étant dépendants, le déplacement d'un équilibre entraîne les déplacements des autres, et il peut se trouver que ce soit un de ces équilibres dont la variation est ainsi entraînée qui se rompe le premier. Ainsi l'élévation de la température du sang, modifie les conditions de la nutrition, mais ce peut être un organe local, ou même le cœur qui subisse le premier un phénomène de rupture.

Ces déplacements complexes et interdépendants obscurcissent un peu la notion de rupture irréversible. Il vaut mieux considérer d'abord un exemple simple, par exemple, l'avitaminose A, c'est-à-dire les conséquences pour l'organisme d'une nourriture carencée en vitamines A.

Une telle carence a comme conséquence la variation de tous les équilibres cellulaires. Au commencement, l'équilibre est très légèrement modifié, et personne ne s'en aperçoit : l'organisme fonctionne aussi bien avec cette légère variation. Puis certaines cellules commencent à manifester extérieurement leurs changements de régime nutritif. Dans

l'exemple de l'avitaminose A, ce sont les cellules du globe oculaire qui sont atteintes les premières. L'individu carencé souffre d'abord d'héméralopie, c'est-à-dire qu'il ne voit plus clair à la tombée de la nuit ; mais les autres cellules et les autres organes ne paraissent pas souffrir de la variation.

Si la carence continue, apparaissent les signes de la xérophtalmie, formés par le développement d'abcès purulents sur le globe oculaire. Ces abcès sont dus à des microbes ordinaires, toujours placés au contact des yeux, mais inoffensifs pour un tissu sain, et qui attaquent le tissu oculaire carencé. La variation de l'équilibre général a donc rendu la muqueuse des yeux perméable aux microbes.

Si l'on redonne de nouveau de la vitamine A à l'organisme, l'équilibre varie en sens inverse, et en quelques jours la xérophtalmie, puis l'héméralopie disparaissent et l'organisme revient intégralement à son équilibre primitif. Jusqu'à un stade léger de la xérophtalmie, l'avitaminose A est donc un déplacement réversible de l'équilibre.

Mais si l'on continue plus longtemps l'alimentation carencée en vitamines, l'infection du globe oculaire s'accentue et le retour à l'alimentation normale laisse des lésions définitives. A ce stade, l'avitaminose A est donc encore réversible, pour tous les autres équilibres partiels, mais irréversibles, pour l'aspect particulier des lésions qui apparaît dans l'équilibre consécutif des cellules du globe oculaire.

Il est remarquable que c'est un équilibre secondaire qui laisse des traces définitives : car au fond les lésions résultent de l'équilibre entre les microbes banaux du globe de l'œil et le milieu interne. Cet équilibre est fonction de la qualité des muqueuses, qui, elles sont affectées par la carence.

Si la carence en vitamines A se prolonge, le déplacement de l'équilibre finit par entraîner d'autres accidents locaux,

c'est-à-dire que d'autres variations d'équilibre partiel deviennent irréversibles. Si on insiste, la carence entraîne la mort ; on a atteint l'irréversibilité de l'équilibre général, ou si l'on préfère, l'irréversibilité d'un équilibre partiel, indispensable à l'équilibre général.

***

13) *L'organisme est son propre support.* — Il est intéressant de comparer un déplacement simple de l'équilibre biologique au déplacement de l'équilibre d'un gaz dans une éprouvette à piston, que l'on comprime lentement. Le gaz est en équilibre réversible quelle que soit la valeur de la pression, si elle est inférieure à la pression critique.

Dans l'étude qui a été faite plus haut des phénomènes physiques, il n'a pas été tenu compte que pour certaines pressions, l'éprouvette pouvait éclater, parce qu'on étudiait les gaz et non la solidité de l'éprouvette. Il est admis qu'il était toujours possible de trouver une éprouvette assez solide.

Mais l'organisme est tout à la fois le gaz et l'éprouvette. En lui, sont donnés, sans que l'on puisse s'arranger autrement, les facteurs d'un équilibre et le cadre matériel de cet équilibre. Ce cadre fait d'ailleurs l'objet d'un autre équilibre, influencé par le premier : cadre et équilibre sont donc dépendants.

Ceci explique que la notion d'irréversibilité soit parfois moins simple que dans les exemples indiqués. L'irréversibilité ne veut pas dire que la variation de l'équilibre ne puisse pas être poussée plus loin ; ainsi l'avitaminose A, au stade aigu de la xérophtalmie présente déjà certains caractères irréversibles : mais ce ne sont que ceux du globe oculaire, comme si l'éprouvette qui contenait le gaz était seulement fêlée, et que les expériences de compression du gaz pouvaient néanmoins continuer.

Facteur de l'équilibre et cadre sont parfois faciles à distinguer : le cœur « flanche » par suite d'une augmentation de la température dans laquelle il n'est pour rien.

Mais d'autres fois, les mêmes éléments sont à la fois facteur et cadre : en particulier ce qui se passe à l'échelle cellulaire ne se prête guère aux distinctions ; il est impossible de séparer l'élément irréversible de l'élément réversible : l'irréversibilité doit alors être considérée en bloc.

***

14) *Caractère de la réversibilité biologique.* — Toutefois, la réversibilité de l'équilibre général de l'organisme peut très bien être compatible avec l'irréversibilité définitive d'un détail de cet organisme : ce dernier est alors remplacé. Ainsi dans l'asphyxie à l'oxyde de carbone, les globules rouges sont atteints d'une manière irréversible, mais l'organisme peut les éliminer et les remplacer, revenant ainsi au point de départ.

Cet exemple permet d'opposer la réversibilité biologique à la réversibilité chimique. Cette dernière suppose que l'on puisse parcourir une suite de réactions en sens inverse, en passant par tous les états qui ont caractérisé l'aller, pour effectuer le retour. Au contraire, l'individu revient à son état primitif par des processus qui ne comprennent pas un sens inversé rigoureusement semblable au sens direct. Elle est une réversibilité d'ensemble organisée, alors que la réversibilité chimique est une réversibilité point par point sans organisation d'ensemble.

***

C) Le mécanisme de rappel

15) *Nature biologique du mécanisme.* — A la différence des déplacements d'équilibre physique, mais à l'image des mouvements oscillatoires étudiés en physique, les varia-

tions d'équilibre organique entraînent en général des mouvements de rappel vers une des positions de l'équilibre qui paraît être privilégiée.

Certains équilibres partiels ont un système de régulation qui paraît leur être propre. Ainsi, la pression sanguine est maintenue constante grâce à deux nerfs, le nerf dépresseur qui a son origine dans le coude de l'aorte, et le nerf du sinus carotidien. Ces nerfs règlent à eux deux le tonus artériel et sont excités par la pression sanguine, dans la crosse de l'aorte, ou à la carotide, où ils ont leurs ramifications.

La pression sanguine est-elle trop faible ? Le nerf du sinus carotidien, excité par cette insuffisance, met en action les centres nerveux qui se trouvent dans le bulbe, la moelle et les ganglions sympathiques. Ces centres agissent en réflexes sur la pression sanguine par la constriction des artères et par l'envoi d'adrénaline par les capsules surrénales.

Dans cet exemple simple, les phénomènes entraînés par le réflexe se mêlent à d'autres équilibres, et en particulier aux mécanismes nerveux et hormonaux, mais l'acte initial, celui que l'on peut considérer comme un coup de sonnette de l'organisme est bien individualisé : le rappel à une pression sanguine normale possède un nerf spécifique centripète.

Il ne s'agit pas non plus d'un simple phénomène réversible : le nerf du sinus carotidien est à sens unique, et a un rôle parfaitement irréversible. L'ensemble de l'équilibre de la pression sanguine est réversible, mais le coup de sonnette est bien à sens unique.

L'organisme a d'ailleurs plusieurs coups de sonnette à sa disposition pour les mêmes rappels. Dans l'état actuel de la physiologie, on trouve presque toujours conjugués deux systèmes de rappel, l'un nerveux, l'autre par voie de secrétion interne. Peut-être l'avenir permettra-t-il d'uni-

fier ces actions différentes qui paraissent aujourd'hui s'ajouter comme celles d'une sonnette électrique à celles d'une sonnette mécanique à certaines portes.

Le rappel à l'équilibre d'un organisme dont le sang est trop épais est encore plus indirect : l'asséchement des tissus du pharynx provoque une sensation de soif et l'individu cherche instinctivement une boisson ; inversement, si le sang est trop liquide, le mécanisme d'évacuation est encore plus simple : c'est une simple élimination par les cellules rénales.

Les équilibres de constitution du milieu sanguin sont en général plus difficiles à saisir, soit parce qu'ils sont complexes et s'entre-mêlent, soit parce que leurs mécanismes sont moins suggestifs que le coup de sonnette du sinus carotidien. Aussi apparaissent-ils à certains comme de simples équilibres chimiques.

Il n'en est rien. C'est à tort par exemple que l'on considère les lois d'équilibre de HENDERSON sur l'acidité du sang comme des lois régissant un équilibre chimique. La régulation du pH qui en fait l'objet, est un phénomène très complexe, mais tout se passe dans le sang et présente un caractère très peu intuitif.

L'acide introduit en excès dans le sang est d'abord neutralisé par des mélanges tampons composés d'un acide fort et d'une base faible. Ces mélanges, existant à l'état normal dans le sang sont des bicarbonates, des phosphates et des protéinates alcalins dont l'acide étranger se substitue à l'acide faible du mélange tampon.

Dans un deuxième stade, l'acide carbonique par exemple ainsi libéré est éliminé par les poumons et les mélanges fixes dus à l'acide étranger sont éliminés par les reins. Pour revenir à l'état primitif l'organisme n'a plus qu'à reconstituer ses mélanges tampons.

Le mécanisme de rappel à l'acidité normale du sang utilise bien dans sa première phase une réaction chimique,

d'ailleurs réversible, mais l'ensemble du phénomène de rappel comprend également les évacuations par les reins et les poumons sans lesquels il serait impossible, et la reconstitution par l'organisme des mélanges tampons. Il est donc formé de processus réversibles et de processus irréversibles. L'ensemble est irréversible.

La lutte contre les corps étrangers introduits dans le sang, en particulier, les microbes et les virus, constitue un rappel à l'équilibre biologique normal du sang bien connu.

La lutte ou l'adaptation à la température extérieure présente également des caractères connus : évaporation pour refroidir la peau, ou plus grande combustion pour la réchauffer.

***

16) *Rappel à l'échelle de l'organisme.* — Telles sont les forces de rappel extrêmement variables qui viennent au secours d'un détail de l'organisation affectée, c'est-à-dire d'un équilibre partiel déplacé. Mais cet équilibre partiel peut être rompu, et l'organe qui l'assurait détruit. A ce stade de réversibilité, il n'y a évidemment plus de rappel à l'échelle de l'organe. Il n'est plus question de venir à son propre secours, mais de suppléer en son absence. Ceci ne se produit évidemment que pour les équilibres qui ne sont pas des caractères absolument indispensables à l'équilibre général, sans quoi il n'y aurait qu'un remède : ce dernier serait rompu et ce serait la mort.

Devant la rupture d'un équilibre partiel, l'équilibre général se maintient grâce à la variation des autres équilibres partiels subsistants : l'organisme essaie de fonctionner avec les organes qui lui restent. L'amputation d'un membre demande une adaptation de la circulation.

Mais en outre l'organisme ne se contente pas d'une variation (comme l'adaptation de la circulation) mais

esquisse une action que l'on peut considérer comme un rappel à un équilibre privilégié, bien que dans ce cas l'équilibre privilégié ne soit plus le même, puisqu'un organisme auquel il manque un membre ne sera jamais le même que celui qui est intact.

L'organisme essaie d'abord de remplacer tant bien que mal l'organe disparu : ainsi il reconstitue la peau enlevée par la cicatrisation ; il reconstitue le sang perdu grâce à sa capacité de refaire des globules et par d'autres mécanismes encore peu connus. Le sang même reconstitue la paroi abîmée de ses vaisseaux par la coagulation.

C'est un phénomène local, pour lequel le principe semble quelquefois avoir été délégué par l'ensemble à l'organe, car il se manifeste encore dans l'organe isolé du corps : ainsi le sang tend à reconstituer des parois, même dans un récipient étranger.

Si le détail de l'organisation ne peut être reconstitué, l'équilibre général se maintient par une manœuvre à une échelle non plus locale, mais tactique : l'échelle de la fonction. C'est ainsi qu'une ablation d'un rein est généralement suivie par le grossissement de l'autre. Comme chaque fonction a des processus multiples, les suppléances sont très nombreuses.

Si une fonction elle-même ne peut se rétablir, l'équilibre peut quelquefois se faire à l'échelon stratégique, en suscitant un rappel qui ne redonne évidemment pas l'équilibre primitif mais qui donne une très légère compensation à l'individu : les aveugles par exemple ont généralement l'ouïe développée.

*
* *

17) *Absence de rappel.* — Pour général qu'il soit, le phénomène de rappel n'est pas universel. Certaines variations de l'équilibre en sont complètement démunies, sans qu'on puisse en trouver une raison.

Si la faim et la soif ont leur rappel bien connu, les avitaminoses, qui sont au fond des carences analogues, sont complètement dépourvues de sonnette d'alarme.

Des peuplades entières de l'Asie ont été décimées par le béribéri, maladie provoquée par le manque de vitamines B, qui n'est autre que la variation de l'équilibre de nutrition cellulaire en l'absence de cette vitamine. La carence était due à une alimentation exclusive en riz décortiqué alors que les vitamines se trouvent dans l'enveloppe de cette plante. Cependant ces peuplades jetaient au rebut, par tradition religieuse, ou par attrait d'un produit plus reluisant, les cosses qui les auraient sauvées et aucun instinct ne les avertissait que le salut était dans les épluchures.

De même, si l'organisme lutte contre la plupart des microbes, en redonnant à l'état biologique du sang à sa valeur normale, il est par contre sans réaction contre certains microorganismes. Le trépomène pâle, par exemple, opère ses ravages dans l'organisme sans rencontrer la moindre opposition.

Quand il existe normalement, le mécanisme de rappel peut être accidentellement détérioré d'une manière provisoire et définitive. Certains poisons paralysent les réflexes nerveux qui assureraient le rappel. Des dégénérescences internes détériorent aussi le mouvement de rappel : le diabète, mauvais fonctionnement du pancréas, fausse évidemment tous les rappels dans lesquels l'insuline jouait un rôle.

L'exemple le plus frappant est le cancer, prolifération sans frein de cellules. L'équilibre morphologique entre les cellules naissantes et mourantes paraît si naturel qu'on ne porte pas l'attention sur le mécanisme de rappel propre à cet équilibre. Le cancer est la destruction de ce mécanisme.

III. — L'ÉVOLUTION DE L'ÉQUILIBRE

A) Le développement de l'individu

18) *L'équilibre biologique a un passé.* — La notion de l'équilibre est, en physique, instantanée. La mécanique classique, en particulier, n'a pas de passé. Autrement dit, tous les phénomènes qu'elle étudie, et parmi eux l'équilibre, dépendent uniquement des forces en présence et des vitesses des éléments matériels à l'instant considéré.

Il n'en est pas de même en biologie. Peut-être cela provient-il de ce que les phénomènes vitaux sont trop complexes pour être approfondis dans leur détail. Si on les ramène un jour entièrement à des modèles mécaniques, l'équilibre biologique prendra alors un caractère instantané, à moins toutefois que l'équilibre physique ait perdu ce même caractère instantané, au moins à l'échelle microscopique, comme les relations d'incertitude d'Heisenberg peuvent le faire pressentir.

Quoi qu'il en soit, dans l'état actuel de la biologie, l'équilibre général d'un individu est l'aboutissement de tous les équilibres passés, non seulement de cet individu, mais également de ses antécédents naturels. On peut réaliser rapidement un équilibre physique avec des éléments qui étaient répartis au hasard dans la nature. Napoléon avait déjà trouvé qu'il fallait au contraire vingt ans pour réaliser un équilibre démographique. Et encore faut-il partir d'autres équilibres individuels existants.

L'étude de la suite des états d'un même équilibre biologique dans le déroulement du temps s'impose donc naturellement à l'observateur ; deux séries différentes sont d'ailleurs intéressantes à étudier : le développement d'un individu, et l'évolution des espèces.

***

19) *Développements réversible et irréversible.* — La réversibilité physique peut être qualifiée d'instantanée car elle n'est qu'une liaison contre des positions d'équilibre infiniment voisines : c'est une liaison de proche en proche. une réversibilité point par point. Et c'est seulement l'esprit de l'observateur qui considère une grande variation du système. Mais l'état d'équilibre physique, n'est en rapport qu'avec les positions immédiatement voisines.

La réversibilité biologique, on l'a vu, ne peut être schématisée en un point ou un instant. Elle fait donc intervenir le déroulement du temps. Dans un très court espace de temps, en effet, dès phénomènes peuvent paraître irréversibles, qui concourent à un mouvement d'ensemble réversible. C'est le cas de la transformation de l'hémoglobine du sang en carboxyhémoglobine dans l'asphyxie par l'oxyde de carbone, soignée à temps. L'organisme revient alors à son état initial. Si en physique il ne faut considérer que l'instant présent, en biologie « il faut considérer la fin ».

C'est pourquoi la notion de réversibilité joue un rôle encore plus grand dans le développement de l'individu que dans la variation instantanée de l'équilibre. Il faut donc en poursuivre l'étude, mais non plus pas à pas, comme lors de la description des états successifs de l'organisme atteint d'avitaminose, mais en observant les phénomènes de la vie dans le développement général de l'individu. Avec un tel recul, l'opposition entre la réversibilité et l'irréversibilité prend une autre allure.

Les phénomènes réversibles comprennent non seulement des variations banales et accidentelles de l'équilibre, mais également les fonctionnements périodiques de l'organisme. Les cellules de la muqueuse digestive, le muscle cardiaque, les poumons subissent des variations réversibles

pour assurer leur fonctionnement normal. Ces organes parcourent une série d'états, et reviennent périodiquement à leur état primitif. On peut en dire autant des muscles dont les contractions sont beaucoup moins régulières, mais ramènent périodiquement le corps à l'état de repos.

Il y a dans ce fonctionnement normal à la fois un équilibre de base, et des variations par rapport à un équilibre plus abstrait, par exemple, celui qui a lieu quand l'organisme ne bouge ni ne digère. Cet équilibre abstrait joue d'ailleurs un rôle en physiologie. L'ensemble de ces phénomènes de nutrition est appelé le métabolisme basal.

Quel que soit l'équilibre que l'on considère comme normal, toutes ces transformations ont un caractère entièrement réversible ; c'est précisément cette réversibilité qui pourrait rendre ambigüe la détermination de l'équilibre de l'individu.

Tout au contraire, certains phénomènes sont irréversibles. Il y a d'abord, comme on l'a vu, les conséquences de variation excessives de l'équilibre qui laissent des traces définitives : lésions oculaires dans l'avitaminose, pieds gelés, etc.

Mais il y a en plus, un phénomène fondamental, qui n'est pas apparu dans l'équilibre instantané. Il s'agit du développement de l'individu qui naît et meurt, et qui, entre la naissance et la mort, passe par une suite de transformations irréversibles. L'organisme, en effet, tout en maintenant l'équilibre momentané, le déplace inexorablement toujours dans le même sens. Cette évolution peut avoir l'air d'être arrêtée, quand on la considère sous certains de ses aspects, notamment pendant la période de la maturité. Elle peut même avoir l'air de rétrograder aux yeux d'un observateur superficiel.

Cependant les apparences de rajeunissement sont illusoires ; elles résultent de l'addition de deux phénomènes : l'évolution irrémédiable de l'organisme, et certaines varia-

tions momentanées d'équilibre partiel. C'est ainsi qu'une greffe de glande sexuelle a pu paraître à Brown-Sequard apporter un rajeunissement. Cette décomposition d'un effet d'ensemble en deux effets partiels, n'est pas seulement une abstraction. Certains détails de l'organisme sont en effet plus ou poins affectés par les variations superficielles. Si l'on réunissait à déterminer des aspects de l'équilibre général qui soient pratiquement indépendants des variations accidentelles de cet équilibre, on aurait par là même une mesure de l'évolution de l'équilibre.

Lecomte du Nouy a cru trouver un aspect de l'équilibre général répondant exactement à cette condition : la cicatrisation des plaies. Les plaies, d'après cet auteur, cicatrisent d'autant plus vite qu'elles sont plus étroites et que leur porteur est plus jeune. La formule de vitesse de cicatrisation contient deux coefficients, dont l'un est en relation avec l'âge de l'individu. Cette relation est variable, mais ce qui nous intéresse ici, c'est que pour un individu déterminé, le coefficient évolue toujours dans un même sens.

Ainsi l'évolution irrémédiable de l'organisme a une mesure sans équivoque.

A la fin de la vie les deux phénomènes irréversibles étudiés : accidents et développement de l'individu cumulent leurs effets. L'évolution de l'organisme rend les tissus plus fragiles et augmente la probabilité des accidents.

Il n'est pas impossible que la mort ne soit pas l'aboutissement naturel de l'évolution de l'organisme, mais soit due toujours à des accidents. La vieillesse accroît la fréquence de ces accidents, et la probabilité d'un accident mortel croît considérablement dans les dernières années de la vie jusqu'à devenir pratiquement égale à un entre 106 et 110 ans.

B) L'entraînement

20) C'est un mélange confus de réversibilité et d'irréversibilité que peut paraître l'entraînement d'un organisme à subir des variations d'équilibre. Il consiste dans une éducation des organes soumis aux variations et des forces de rappel. Il intéresse l'équilibre considéré dans son ensemble comme dans ses détails.

Considérons par exemple l'entraînement du corps humain à affronter les intempéries. Un individu non entraîné tombera malade s'il est exposé à un certain froid, mais un individu entraîné résistera à cette basse température. L'équilibre partiel aura donc une zone de réversibilité plus grande pour l'organisme entraîné.

Mais, ce qui peut paraître bizarre, c'est que pour augmenter la zone de réversibilité, il faille déjà aller en quelque sorte au delà, c'est-à-dire pénétrer dans la zone d'irréversibilité, et cela d'une manière réversible. Pour entraîner l'individu au froid, il faut d'abord le faire aller dans le froid, et continuer en entraînement progressif. Mais la progressivité ne résout pas la difficulté, elle la divise seulement : chaque séance d'entraînement doit naturellement rester dans la limite de réversibilité, pour ne pas provoquer d'accidents, et pourtant elle étend cette même limite pour les séances ultérieures.

Cette différence remarquable avec les phénomènes physiques permet de distinguer la vie et la matière : la trempe ou le recuit d'un métal ou d'un composé peuvent paraître analogues à l'entraînement, mais leur effet ne va jamais au delà des conditions dans lesquelles ils ont été placés. On retrouve encore l'effet uniquement instantané des phénomènes physiques.

Le phénomène d'entraînement est donc plus qu'un simple déplacement de l'équilibre. Il doit être rattaché à des possibilités qui n'ont pas été exploitées par l'évolution

mais qui auraient pu l'être. Le développement de l'individu semble dépendre en effet à la fois d'une « possibilité » (que d'autres appellent une force, une vis a tergo, comme BERGSON) et des circonstances dans lesquelles cette possibilité s'exerce. Les possibilités ont pu également être exploitées par le développement de l'individu, mais être perdues par manque d'exercice. Dans ce cas, l'entraînement peut alors être considéré comme la deuxième phase d'une variation réversible dont la première est la perte de la souplesse ou de la force.

En tout cas, l'irréversibilité qui apparaît dans le processus d'éducation ne peut être une troisième sorte d'irréversibilité.

L'entraînement a d'ailleurs en outre des effets quelquefois irréversibles : ainsi un individu ayant séjourné quelque temps dans une atmosphère de haute altitude. garde, redescendu dans les plaines, l'accroissement de globules rouges qui étaient consécutifs à son séjour dans une atmosphère raréfiée en oxygène.

Par contre, quand l'entraînement n'a pour effet qu'une récupération, il est en général réversible. Mais il y a quelquefois prescription. Les facultés perdues ne peuvent être acquises de nouveau. C'est qu'entre la perte et la tentative de récupération, sont intervenues la suite de l'évolution de l'individu dans sa courbe descendante, ou des déchéances accidentelles.

L'entraînement ne peut évidemment être pratiqué que dans certaines limites. Le paysan de MONTAIGNE qui s'était accoutumé à porter un veau et le portait encore quand il était devenu bœuf, ne pourrait être imité par tout le monde. et en tout cas il aurait probablement échoué s'il s'était attaqué à un jeune éléphanteau.

Il y a certains déplacements de l'équilibre, auxquels on ne peut s'entraîner : ce sont les carences, alimentaires, ou autres. Certes, l'entraînement peut permettre une irrégu-

larité plus grande dans l'absorption de nourriture ou de boisson, dans la respiration ou dans le sommeil. Mais il ne s'agit que d'éduquer la mise en œuvre de matériaux acquis. Devant le manque total d'aliments ou de sommeil, qui ne peut être compensé par des apports même irréguliers, l'individu ne peut s'entraîner. C'est l'histoire de l'âne qui est malheureusement mort la veille du jour où il allait s'habituer à ne plus manger. Il est d'ailleurs curieux de constater qu'une nourriture déséquilibrée, c'est-à-dire mal composée en protides, glucides lipides et vitamines, est encore moins susceptible d'éduquer un organisme que l'absence totale de nourriture.

C) L'évolution des espèces

21) Il n'a été jusqu'ici question que de l'évolution de l'équilibre biologique dans un même individu. Mais les hommes de science ont considéré une autre suite d'états qui groupe les descendants successifs d'un même individu.

Une telle suite est approximativement définie, car ses éléments ne sont déterminés que grossièrement : ce sont les individus adultes, considérés en gros au même état relatif de développement. Cette suite est, en outre, abstraite car on compare des individus différents qui n'ont jamais été coexistants dans l'état auquel on les compare.

Les faits qui servent de base à cette considération sont en grande partie hypothétiques, étant hors d'atteinte de l'observation. Aussi l'évolution des espèces a-t-elle fait l'objet de maintes controverses. Elle est basée toutefois sur un fait indiscutable : la ressemblance des enfants à leurs parents. C'est la seule chose qui soit nécessaire pour pouvoir prendre en considération la suite des individus d'une même lignée, et qui soit donc requise, indépendamment de toute conclusion sur la manière dont s'est déroulée l'évolution, pour étudier la variation de l'équilibre biologique à travers cette même lignée.

En effet, l'équilibre dont il est question n'est autre que l'équilibre biologique ordinaire. L'évolution des espèces en étudie une variation dans le temps d'une nature particulière. C'est ainsi que Giard a pu dire qu'une mutation est « le résultat d'un nouvel équilibre dans l'organisme ». Il faut bien remarquer toutefois que la suite des états étudiés dans l'évolution, à l'encontre du développement de l'individu, est une suite discontinue.

Elle est aux études précédentes comme la suite des bornes kilométriques au développement continu d'une route, ou comme la suite des nombres entiers aux points d'une droite. Elle sera toujours affectée de cette discontinuité. Il est curieux de noter qu'elle pourrait avoir une correspondante continue : certains physiologistes admettent que le développement de l'embryon correspond à la suite des états par lesquels l'espèce est passée. Cette théorie trop rigide est en général abandonnée, mais on peut suivre encore dans certains embryons l'ébauche d'organes probablement possédés antérieurement par l'espèce : l'embryon humain acquiert et perd ainsi un appendice caudal.

Les variations d'équilibre observées dans l'évolution sont également de deux sortes. Les unes sont réversibles, momentanées. Elles sont difficiles à mettre en évidence, car la suite étudiée n'est qu'une suite de moyennes. Chaque individu a des caractères qui ne sont pas transmis à ses descendants. On pourrait toutefois concevoir qu'une race acquière et perde les caractères secondaires suivant le climat dans lequel elle se développe. Mais le phénomène le plus intéressant est la variation de grande amplitude, appelée plus précisément l'évolution des espèces.

Dollo, en 1893, en a précisé les caractères, en disant qu'elle est « limitée, discontinue, irréversible ». La limitation n'est pas l'objet de notre étude. La discontinuité n'est pas faite pour étonner, puisqu'on l'a introduit par la manière dont on a posé le problème. Mais l'irréversibilité

nous intéresse au premier chef, puisque nous rencontrons un caractère déjà relevé dans le développement individuel de l'équilibre.

Comme alors, l'irréversibilité paraît également double. D'une part, elle provient de mutations et d'accidents, comparables aux accidents de l'individu. Les mutations qui paraissent être la cause de variations de caractères secondaires, ressortissent probablement au hasard. Elles ne contribuent pas à un développement organisé. Il faut en dire autant évidemment des déformations maladives, comme les accidents héréditaires dus à la syphilis.

La seconde espèce d'irréversibilité est plus mystérieuse, mais au fond elle est du même ordre que le phénomène de la vie : c'est celle qui a amené le développement de l'individu de la cellule à l'homme. Contrairement aux précédentes, elle admet très facilement une conception d'ensemble.

IV. — ÉQUILIBRE PHYSIQUE ET ÉQUILIBRE PHYSIOLOGIQUE

La transposition en biologie du concept d'équilibre, né en physique, n'a pas été sans le dénaturer quelque peu. Au terme de l'étude de l'équilibre biologique, il convient de faire le point et de voir ce qui a pu persister du modèle mécanique ou physique.

A) Variations momentanées de l'équilibre

22) *Variations biologiques et déplacements physiques.* — Les variations momentanées de l'équilibre biologique et leur mécanisme de rappel présentent des analogies, non seulement avec les déplacements de l'équilibre physique, mais aussi avec les mouvements autour de la position d'équilibre. Aussi est-ce à dessein que l'on a employé le mot « variation » de l'équilibre pour ne pas entretenir la

confusion trop souvent faite entre le déplacement de l'équilibre chimique et les variations de l'équilibre biologique.

Entre ces deux phénomènes, la différence est importante : elle a déjà été signalée. Il n'y a jamais en physique de mouvements de rappel consécutifs à un déplacement d'équilibre. Le système « encaisse » passivement. Le liquide que l'on évapore par exemple, emmagasine l'énergie qu'on lui fournit et qui lui est nécessaire pour changer l'état. Cette absorption est telle que son mécanisme soit absolument réversible. Si donc on met le système en demeure de restituer l'énergie fournie, grâce à une source froide, il la restitue par un processus exactement inverse de celui par lequel il l'avait absorbé.

Mais le système physique n'a pas en lui les éléments de cette variation, et en particulier, il n'a aucune tendance à revenir à l'état initial. Il est d'ailleurs caractéristique que l'on parle d'état initial, notion dépendant entièrement des conditions de l'expérience, et donc toute contingente, et que l'on ne parle pas d'état normal, comme pour un organisme.

Au contraire les équilibres biologiques sont le plus souvent assortis d'un mécanisme de rappel qui les ramène à une position normale. Ce mécanisme peut paraître extérieur à l'équilibre même, comme celui du nerf du sinus carotidien transmettant l'influx nerveux avertisseur d'une pression sanguine anormale. On serait alors tenté de les décomposer en deux parties : d'une part, un équilibre qui se produit dans le sang, analogue à un équilibre chimique ; d'autre part, le mécanisme nerveux et les actions successives qu'il occasionne semblables à un expérimentateur.

De même, l'équilibre de l'acidité sanguine pourrait être décomposé en isolant la dissociation des mélanges tampons qui a un caractère chimique ; de l'évacuation des produits fixés.

Il faut résister à cette tentation de décomposer ainsi un phénomène unique parce que après avoir séparé par exemple le rôle analogue à celui d'un expérimentateur que joue le système nerveux dans l'équilibre de la pression sanguine, on est tenté de l'oublier et d'essayer d'expliquer sans lui l'équilibre.

Heureusement, le plus souvent, une telle abstraction est impossible : la nutrition des cellules, ne se laisse pas décomposer. Il vaut mieux se résoudre à abandonner la recherche systématique d'un modèle mécanique ou chimique de l'équilibre. Il est curieux de remarquer que poussés par un tel désir de trouver comme modèle physique la loi de Le Chatelier, Carrel et Lecomte du Nouy ont en fait imaginé une interprétation biologique de cette loi. En réalité l'équilibre physique ne peut rendre compte complètement des particularités de l'équilibre biologique.

23) *Variations biologiques et mouvements physiques.* — Les variations de l'équilibre biologique ont également des caractères comparables à ceux des mouvements physiques. Il y a en effet parmi toutes les valeurs d'un équilibre en variation, une certaine valeur, ou une certaine position qui semble plus normale que les autres pour l'organisme. Si le corps humain est encore en équilibre avec une température interne de 40°, on peut dire sans être trop suspecté de finalisme, que cet équilibre est anormal.

Il n'est pas toujours aussi facile de distinguer la position normale et la position anormale d'un équilibre. D'une part, certains organismes s'accommodent de valeurs diverses de l'équilibre. En particulier les valeurs très voisines de la valeur normale d'un équilibre n'entraînent pas de mécanisme de rappel. Si 40°, et même 38° constituent des températures anormales, il est difficile d'en dire autant de 37° 2.

De même, dans les carences alimentaires, la constitution

des cellules passe par toute une gamme de valeurs dont il est difficile de dire que les premières soient anormales, mais dont il est certain que les dernières le sont. C'est ainsi que certains physiologistes pensent que le « terrain » que constitue un individu est la maladie avant les symptômes (du moins dans les maladies de carence), d'autres, que le terrain est une prédisposition à certains troubles.

Les premiers considèrent implicitement l'équilibre de l'organisme déjà écarté d'une position normale. Les seconds pensent au contraire que l'organisme est dans sa position normale, mais que cette position est susceptible de variations beaucoup plus facilement que pour d'autres sujets.

Toute cette controverse tourne autour de la notion d'équilibre normal, qui joue le rôle d'équilibre privilégié, exactement comme la position privilégiée d'un pendule vis-à-vis des oscillations.

Il est difficile de déterminer exactement qui a raison. La seule chose certaine, c'est que quand on excède certaines limites, on est sûrement dans l'anormal. Mais la notion d'excès est elle-même très variable : dans les animaux à sang chaud, la température du corps ne peut s'écarter de 37° sans que le caractère anormal apparaisse. Au contraire, on ne peut dire que la température de 25° soit anormale pour un alligator. Cependant une température de 0 ou de 80° l'est sûrement.

Si l'on veut absolument résumer et représenter tous ces caractères par un modèle mécanique, on peut penser en premier lieu à un frottement autour de la position d'équilibre ; mais cela ne donne pas beaucoup de précision. On peut alors penser à une courbe dont le minimum est très évasé : cette courbe serait matérialisée par une coupe à fond plat, dont les bords s'élèveraient ensuite assez rapidement, pour s'arrêter brusquement après s'être recourbés. L'équilibre d'une bille dans une telle coupe représenterait schématiquement certains équilibres biologiques.

Dans le fond de la coupe, il n'y a pas de rappel. Ceux-ci existent sur les bords au delà desquels il y a rupture de l'équilibre par disparition du système considéré (la bille est sortie de la coupe). Mais la complexité même de ce modèle mécanique montre la vanité qu'il y a à le rechercher.

24) *Irréversibilité des variations biologiques.* — Si l'on n'est pas convaincu de cette vanité, le mécanisme irréversible des variations biologiques suffirait à le devenir. Le mouvement oscillatoire, comme les déplacements de l'équilibre physique, présente une réversibilité point par point. Tous phénomènes mécaniques peuvent d'ailleurs être imaginés en sens inverse ; et les déplacements de l'équilibre et les mouvements sont réalisés pratiquement réversiblement.

La réversibilité biologique est au contraire un phénomène d'ensemble. Les détails de l'organisme qui y participent ont au contraire un processus parfaitement irréversible : l'oxydation des tissus qui constituent la nutrition ne se produit pas plus en sens inverse que les phénomènes de digestion. Le courant nerveux circule toujours dans le même sens dans les mêmes nerfs.

C'est pourquoi nous avons dit que les phénomènes physiques étaient instantanés et locaux, alors que les variations de l'équilibre biologique et leur mécanisme de rappel ne prennent un sens que dans un plan d'ensemble et quand on dispose d'un certain temps pour rassembler des phénomènes qui n'ont pas été simultanés.

B) Variations de l'équilibre dans le temps

Comme il n'y a donc pas de considérations naturelles dans le temps au sujet d'un équilibre physique, l'évolution de l'équilibre biologique ne peut être comparée à l'évolution de l'équilibre physique qui n'existe pas.

Par contre, elle présente certains caractères d'analogie avec un mouvement, en particulier avec les développements toujours croissants de l'entropie.

25) *Évolutions biologiques et pseudo-évolutions physiques.* — En physique, en effet, l'équilibre relatif ou absolu est un phénomène instantané. Ce phénomène peut se prolonger, c'est-à-dire que l'observateur peut constater pendant un certain temps qu'il existe toujours. Mais il est instantané en ce sens qu'il résulte d'une observation faite en un seul instant et de ce que les conditions nécessaires à sa réalisation sont relatives à des phénomènes ou à des causes dont la nature ou la valeur à l'instant donné suffisent seules à le déterminer : les forces et les positions.

Cependant certains équilibres relatifs paraissent susceptibles de développements dans le temps. Mais ce n'est qu'une apparence. Si une balance reste en équilibre dans un train qui relie Paris à Orléans, avec 1 kilo dans chaque plateau, il n'y a pour le voyageur qui se trouve dans le compartiment qu'un seul problème qui est le même, mais dont il peut constater que les conditions sont aussi bien remplies à Paris, à Ivry, à Juvisy, et dans tous les points du parcours.

Le problème est le même pour un avion qui se déplace. Mais alors si deux passagers situés dans chaque aile exécutent des mouvements tels que leur ensemble reste en équilibre, le problème varie d'un moment à l'autre. Mais c'est toujours un problème instantané car il ne dépend en rien du problème qui se posait la minute précédente. Non pas que la position des voyageurs n'ait aucune influence sur l'équilibre futur, mais celui-ci sera déterminé uniquement en fonction de la vitesse, des masses et des positions au moment précis où on le considère.

Au contraire, un organisme n'est pas déterminé uniquement par des considérations actuelles. Un exemple qui

met les deux cas en présence est celui de l'acrobate qui traverse un espace sur un fil tendu dans le vide. A chaque pas, il réalise un équilibre, si l'on néglige les petits mouvements nécessaires à sa propulsion forcément irrégulière. A chaque instant se pose pour lui le problème de l'équilibre mécanique. Mais le problème est le même au bout de 10 mètres qu'au bout de 1 mètre et serait le même au bout de 10 kilomètres.

En réalité, une traversée de 10 kilomètres serait beaucoup plus difficile. Mais c'est parce que interviennent des phénomènes physiologiques : la fatigue qui fait intervenir l'influence du passé, et l'imagination qui anticipe sur le trajet à venir. L'équilibre n'est donc plus instantané.

Il ne serait pas plus intéressant d'étudier l'équilibre mécanique pendant 10 kilomètres que pendant 1 mètre. C'est le phénomène biologique qui attire les badauds.

L'équilibre mécanique paraît nuancé d'une évolution, parce que l'acrobate marche en avant. Mais une telle irréversibilité est illusoire : comme les autres déplacements de l'équilibre, cette marche est physiquement pratiquement réversible. C'est la biologie qui interdit la marche arrière.

La loi de Le Chatelier, dont nous avons vu la fausse analogie, est en réalité inspirée par la notion de l'équilibre biologique. Celui-ci fait intervenir un déroulement du temps, la durée, que l'homme trouve en son esprit, qui est biologique. Aussi, ceux qui ont essayé de trouver des modèles mécaniques ou chimiques pour y reporter les phénomènes biologiques, ont, sans s'en rendre compte, et par un juste retour des choses, opéré en sens inverse : ils ont ramené une suite d'équilibre physique à l'évolution biologique.

26) *Évolution et entropie.* — Par contre, la physique connaît un mouvement irréversible : c'est l'augmentation de l'entropie. Aussi peut-elle être comparée aux deux sortes d'irréversibilité qu'a révélées l'étude de l'équilibre

biologique : le développement de l'individu et l'évolution des espèces.

Les unes et les autres sont comme des clapets qui ne permettent pas de confondre le sens du temps, et qui permettent de retrouver dans certains phénomènes la notion de durée que l'esprit humain trouve comme donnée immédiate de sa conscience. D'où les tentatives pour ramener les unes aux autres ces irréversibilités, et en particulier l'évolution à l'entropie. Mais jusqu'ici ces tentatives ont été infructueuses.

L'entropie est d'ailleurs un acheminement vers un état d'équilibre et non un équilibre ; cette objection n'est pas dirimante, et l'on peut essayer de ramener un équilibre physiologique à un mouvement physique. Mais d'autres considérations théoriques sont plus graves.

Ch. E. Guye a fait remarquer que l'entropie était une évolution vers un état plus probable alors que la vie semblait créatrice de dissymétrie, c'est-à-dire d'état moins probable. L'une et l'autre auraient donc une action contraire, et c'est d'ailleurs cette opposition qui fait le fond du tableau que brosse Bergson dans *L'Évolution créatrice*.

Il y a d'autres différences encore. Les développements de l'individu comme l'évolution des espèces sont, on l'a vu, conséquences de deux phénomènes irréversibles différents : le premier, à tort ou à raison, provoque dans l'esprit l'idée de cause ; c'est le vieillissement évolutif de l'individu dont la cicatrisation des plaies fournit une mesure ; c'est également la conséquence de la « vis à tergo » agissant sur la matière, et que Bergson voit comme cause de l'évolution. Ce caractère causal accentué s'oppose évidemment à l'assimilation avec l'entropie, phénomène résultant de la loi des grands nombres (1).

(1) Opposition de principe ne veut pas dire opposition de fait. Autrement dit, ce n'est pas parce que l'entropie et l'évolution sont de nature essentiellement différente qu'elles opposent leurs effets. Cette conclusion serait grave car

Mais il y a en outre une autre irréversibilité biologique. C'est celle qui résulte dans l'individu des accidents définitifs, et dans les espèces des mutations définitives (1) ou des accidents héréditaires. Effets du hasard, ceux-ci se rapprocheraient plus de l'entropie. Mais ils sont trop peu nombreux pour présenter les caractères élémentaires de grande quantité qui sont indispensables à la loi des grands nombres. Ils ne seraient comparables qu'à une toute petite quantité de gaz, 1/1.000 de millimètre cube par exemple. Et à cette échelle, les phénomènes physiques n'ont plus les mêmes caractères.

C) Transposition en biologie du concept d'équilibre

27) Ce qui ressort le plus des mises au point précédentes, c'est que l'équilibre biologique est comparable à la fois à un mouvement et à un équilibre physiques. Peut-être cette ambiguïté est-elle due à ce que, comme le fait remarquer Guilleminot, tous les phénomènes vitaux évoluent dans des états voisins de l'équilibre physico-chimique.

Il faut donc reconnaître que la transposition du concept d'équilibre d'une science dans l'autre a un peu faussé le concept même. Ayant défini en physique l'équilibre comme cas particulier du mouvement, on a transposé en biologie une notion mixte relevant à la fois de l'équilibre et du mouvement physiques, que l'on a appelé équilibre biologique.

Quant à ce à quoi s'oppose l'équilibre biologique, comme l'équilibre physique au mouvement, c'est en somme le

l'entropie ayant un droit de priorité comme phénomène d'une science plus générale, l'évolution s'opposerait à ses lois. La question est encore ouverte. Mais la majorité des auteurs estime, avec Lecomte du Nouy que : « La matière vivante dans son évolution obéit à une loi qui n'est pas implicitement contenue dans le principe de Carnot », c'est la prudence même.

(1) Grâce aux croisements, de nombreux phénomènes héréditaires peuvent ne pas être irréversibles dans l'évolution des espèces. Mais certains l'ont sûrement été.

développement absolument anarchique des tissus et des fonctions. Mais précisément, ce développement n'a pas lieu en pratique. On peut cependant en avoir une idée par la prolifération sans mesure des cellules cancéreuses. Le mouvement biologique serait donc l'absence de la régulation centrale de l'individu. La constance est la soumission des détails de l'organisme à cette régulation centrale.

Mais la vie est un phénomène discontinu : un individu est mort ou est vivant. Tant qu'il vit, sauf dans le cas de certaines dégénérescences, ces caractéristiques restent constantes. Après il n'y a plus de phénomènes biologiques. C'est cette discontinuité qui a fait opposer l'équilibre biologique à la mort, c'est-à-dire à l'équilibre physique. Mais on peut concevoir une anarchie de l'organisme à laquelle il s'opposerait également.

En physique, le mouvement est le cas général. L'équilibre est un cas particuleir ; c'est pourquoi on le remarque ; c'est pourquoi on détermine le nombre de ces positions ; c'est pourquoi on peut trouver l'explication de l'équilibre dans une cause ou dans le hasard.

En biologie, la constance des détails de l'organisation est la condition *sine qua non* de la vie. L'équilibre est donc le cas absolument général. L'exception peut être seulement imaginée, comme l'anarchie complète des tissus, où se trouve réalisé un des phénomènes exceptionnels, comme le cancer.

Le degré de généralité qu'acquiert ainsi le concept de l'équilibre dans chacune de ces deux disciplines est opposé : exception dans l'une, c'est la règle dans l'autre. L'étude des sociétés qui ne sont pas régies par le hasard (et le seraient-elles, que leurs éléments constitutifs seraient en trop petits nombres pour que les lois du hasard s'appliquent) mais qui ne sont pas coordonnées aussi parfaitement qu'un individu, doit probablement s'accommoder d'un concept d'équilibre d'une généralité intermédiaire.

DEUXIÈME PARTIE

LA NOTION DE L'ÉQUILIBRE DE L'ÉCOLE DE LAUSANNE

Chapitre Premier

LA NOTION D'ÉQUILIBRE CHEZ LÉON WALRAS

I. — LES DONNÉES DU PROBLÈME

A) L'objet de l'étude de Walras

1) *Les « Éléments d'Économie pure ».* — Par la publication de ses *Éléments d'Économie pure* (1) en 1874, Léon Walras a apporté à la science économique trois contributions principales : l'emploi des démonstrations mathématiques, après Jules Dupuit et Cournot ; la recherche de l'utilité comme origine de la valeur, déjà entrevue par Condillac, Dupuit et Gossen, mise au point par la considération de la rareté par Burlamaqui, et d'ailleurs exposée par Menger et Jevons en même temps que

(1) Walras a ultérieurement publié un *Abrégé des Éléments d'Économie pure* dans lequel les démonstrations analytiques sont remplacées par des démonstrations géométriques. C'est à la 4e édit. de cet *Abrégé*, parue en 1900, que se rapportent les renvois du présent chapitre (*Ab.*, 45) veut dire *Abrégé*, 4e édit., § 45.

Walras et indépendamment de lui ; enfin, la notion de l'équilibre économique, évoquée un siècle plus tôt par Hume à propos de commerce international, étendue par Turgot à toute l'économie, et plus ou moins confuse depuis lors dans l'esprit des économistes.

Walras ne s'est pas contenté d'utiliser le terme « équilibre » ; il a analysé complètement, grâce à l'emploi des mathématiques, et en prenant comme bases l'utilité et la rareté des richesses, le phénomène qu'il baptisait. Il est donc incontestablement le responsable de l'introduction en économie du concept d'équilibre ; aussi nous importe-t-il de savoir comment il en a effectué la transposition.

***

2) *Les origines de l'équilibre de Walras.* — A cette époque, la notion d'équilibre ne s'était complètement dégagée qu'en mécanique. Le développement de la thermodynamique a commencé seulement au milieu du XIX^e^ siècle. Le principe de la conservation de l'énergie n'a été énoncé qu'en 1842 par Mayer, Joule et Colding ; et c'est à la même époque que Clausius et Lord Kelvin mirent au point le deuxième principe qui avait été énoncé par Carnot en 1824. Mais l'équilibre ne fut évoqué que plus tard, et les lois de Le Chatelier sur le déplacement de l'équilibre ne sont que de 1884.

Il était encore moins question de l'équilibre en biologie : Claude Bernard, encore vivant, venait à peine de fonder la physiologie.

En outre, Walras s'est inspiré des notions de Cournot et de Dupuit, dont il critique les travaux dans son *Abrégé* (*Ab.*, 303). Or, l'œuvre maîtresse du premier est de 1837, celle du second de 1844. En fait d'équilibre, ils ne connaissaient que celui des forces, sur lequel s'étaient, au XVIII^e^ siècle, exercés les bons esprits, notamment d'Alembert, et

dont les développements avaient été mêlés à ceux de l'analyse mathématique naissante.

Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que WALRAS ait de l'équilibre une notion mécanique ; malheureusement le phénomène qu'il a étudié en économie présente beaucoup plus d'analogie avec l'équilibre d'un gaz qu'avec celui d'une balance : c'est, comme nous le verrons, un équilibre de détermination. Aussi la transposition de WALRAS a-t-elle rencontré des incompréhensions. Partisans et adversaires ne se rendent d'ailleurs pas toujours compte qu'ils empruntent des manières de penser à la physique, quand ils parlent d'équilibre en économie. Ils seraient peut-être moins opposés s'ils avaient voulu une bonne fois voir ce qu'est réellement chez WALRAS l'idée d'équilibre économique.

***

3) *La logique de Walras.* — Malheureusement, WALRAS a lui-même embrouillé les choses. S'il a résolu le problème, il l'a fort mal posé et comme toutes les discussions proviennent de problèmes mal posés, l'école de Lausanne ne connaît que des partisans et des adversaires acharnés (1). C'est pourquoi, il est absolument indispensable, pour la compréhension de l'équilibre walrassien, de faire des points de départ de l'Économie pure une critique logique tellement élémentaire que l'on s'étonne qu'elle ne soit pas classique dans le pays d'Auguste COMTE et de Claude BERNARD.

Pour WALRAS, l'économie pure est comme l'hydraulique, une branche des mathématiques, une science phy-

(1) « Il convient de se défendre énergiquement contre cette étourderie pédante qui prétend signaler comme un grand progrès de la science économique la substitution à la recherche de relations causales d'une simple énonciation de relations soi-disant fonctionnelles d'interdépendance. » M. NOGARO, *Le Développement de la pensée économique*, p. 277.

sico-mathématique, qui ne doit pas craindre d'employer le langage mathématique (*Ab.*, 30).

La cause est bonne, mais l'argument est faux ; il est même inadmissible en 1874 — et *a fortiori* en 1900 — car la philosophie des sciences n'était plus dans l'enfance à ces dates. D'autres assertions de WALRAS, comme celle-ci : « Les deux marchés sont réellement distincts dans la réalité des choses comme ils le sont au regard de la science » (*Ab.*, 152) laissent entrevoir un certain flottement dans sa pensée logique et dans sa conception de la science.

L'argument de WALRAS est que les mathématiques ont pour objet l'étude des grandeurs appréciables (*Ab.*, 30). Mais toutes les autres sciences aussi, dans la mesure où la technique de leur moyen d'observation le permet, s'attachent à l'étude des grandeurs appréciables. Les mathématiques fournissent des méthodes pour faciliter cette étude.

WALRAS a donc confondu l'objet et la méthode, ce qui l'a amené à se tromper également sur la méthode scientifique :

« Les sciences physico-mathématiques, dit-il, sortent de l'expérience dès qu'elles lui ont emprunté leurs types. Elles abstraient des types idéaux qu'elles définissent et sur la base de ces définitions, elles bâtissent à priori tout l'échafaudage de leurs théorèmes. Elles rentrent après dans l'expérience non pour confirmer, mais pour appliquer leurs conclusions » (*Ab.*, 30).

Bien des controverses sont dues à l'erreur contenue dans ces huit derniers mots. C'est bien pour confirmer leurs théorèmes, que les sciences doivent rentrer dans l'expérience. La seule valeur d'une théorie, c'est-à-dire des abstractions faites pour représenter la réalité est dans la conformité avec l'expérience ; car toutes les abstractions sont sans valeur s'il n'y a la pierre de touche que WALRAS rejette violemment. Ce que ce dernier réclame, c'est le droit de tirer des conclusions logiques de ces hypothèses par des méthodes mathématiques, mais ce qu'il refuse, à

tort, c'est l'obligation de vérifier le bien-fondé de sa démonstration et l'heureux choix de ses hypothèses par l'expérience.

En particulier, quand il a pris l'utilité comme grandeur fondamentale, il n'a pas le droit d'oublier la nature de l'utilité dans l'usage qu'il en fait.

D'erreur en erreur, WALRAS en arrive à mal situer la frontière entre la science pure et la science appliquée.

La science pure est en fait l'étude désintéressée de la nature et la science appliquée son utilisation.

WALRAS établit au contraire une curieuse distinction entre « l'étude des forces naturelles, qui est la science, et celle de l'action réciproque de la volonté humaine et de la nature qui est l'art ou science appliquée » (*Ab.*, 17).

Il confond la recherche de l'efficacité immédiate, et l'étude provisoirement désintéressée qui n'a pas un objectif utilitaire particulier, mais qui a toujours une efficacité lointaine. L'ambiguïté du libéralisme à la fois politique économique et hypothèse scientifique n'est pas étrangère à cette erreur. WALRAS a très justement réagi contre cette confusion, mais dans sa lutte il a réservé un domaine trop étroit pour la science.

Un peu plus loin, il adopte un autre critère également faux. Il reconnaît que la théorie de la valeur d'échange n'est pas la seule économie, mais il rejette tout le reste de l'économie dans l'économie appliquée (*Ab.*, 30).

Ses propres arguments éclairent son erreur : « La théorie mathématique des forces et des vitesses n'est pas toute la mécanique. Il est certain toutefois que cette mécanique pure doit précéder la mécanique appliquée. »

L'erreur est que la théorie des forces et des vitesses n'est pas le seul domaine de la mécanique pure. L'étude des frottements, de la viscosité et de l'élasticité est aussi de la science pure.

En réalité, toute étude de la nature doit, pour commencer, comporter une première approximation : ainsi la

mécanique pure élémentaire, qui néglige les frottements, ainsi l'économie pure élémentaire, qui s'en tient au cas où les valeurs d'échange peuvent être déterminées.

C'est le monopole de la science pure que réclame Walras par son erreur sur la limite de la science appliquée qui irrite ses contradicteurs et jette une lueur fausse sur son œuvre.

L'économie pure est toute étude désintéressée des phénomènes économiques.

L'économie walrassienne en est une première approximation, une étude élémentaire élaborée grâce à certaines hypothèses simplificatrices. Ces hypothèses en restreignent le domaine, de même que la mécanique sans frottement ne pourra jamais, même théoriquement, étudier le freinage.

Walras, en posant ses bases, s'est donc donné des limites. Au delà, il y a d'autres économies pures mais qui, par des hypothèses plus complexes, essaient de se rapprocher plus de la réalité. D'autres schématiseront la réalité d'une autre manière et avec tout autant de droit.

En résumé, Walras a écrit un premier chapitre de l'économie pure. L'on concevra toute l'importance pour notre étude des précisions apportées ci-dessus, quand on saura que dans un développement plus grand de l'Économie pure ce premier chapitre pourrait s'intituler : « De l'équilibre ». Relever la prétention de Walras d'avoir traité toute l'économie pure est situer dans cette discipline la place de l'équilibre, c'est-à-dire de la contribution définitive du maître de Lausanne.

Mais il faut, pour en apprécier l'importance, voir exactement quelles sont les abstractions faites par Walras, c'est-à-dire quels sont les éléments du réel qu'il schématise pour aborder la science économique.

B) Le modèle simplifié de Walras

4) *Les grandeurs caractéristiques de l'économie walrassienne.* — Parmi les caractéristiques de la vie en société,

c'est la richesse sociale qui est l'objet de l'étude économique. C'était déjà l'opinion de SMITH dont l'œuvre maîtresse étudie la « Richesse des Nations ». Mais, suivant en cela J.-B. SAY, WALRAS comprend le terme « Richesse » de la manière la plus large (*Ab.*, 21), ce qui lui permet une généralisation scientifique de la notion vulgaire de richesse. En précisant que sont appelées richesses sociales les choses utiles et en quantités limitées (*Ab.*, 21), WALRAS indique du même coup les deux grandeurs dont l'étude des variations fait, d'après lui, la science économique : la quantité et l'utilité.

A vrai dire, il ne précise aussi pas explicitement quelles sont les bases de son raisonnement et ne s'attache qu'à la conclusion, prétendant faire la théorie de la seule valeur d'échange (*Ab.*, 30). Mais ses développements ne peuvent laisser aucun doute sur le choix de ses bases.

Devant ce point de départ la première question qui se pose est la suivante : « A-t-on le droit de limiter l'économie pure à l'étude des variations de la quantité et de l'utilité des richesses sociales ? » Il est incontestable que toute étude sommaire doit commencer par se limiter aux variations d'un petit nombre de grandeurs et on peut très bien admettre une science économique élémentaire dont la première étude serait ainsi limitée. La mécanique élémentaire s'attaque d'abord à l'étude des variations des forces et des positions. La seule différence est que le choix des grandeurs de la mécanique élémentaire est admis par tout le monde, encore qu'il ne soit pas le seul possible, alors que celui des grandeurs de l'économie élémentaire est discuté : l'unanimité n'est pas faite sur le choix des simplifications initiales. Mais comme il a été dit, toutes les simplifications sont permises et toutes les abstractions autorisées, pourvu qu'elles ne soient pas en contradiction avec l'expérience. Seul leur succès pratique justifie leur valeur.

Il n'y a donc aucun inconvénient de principe à suivre

Walras et à admettre que le livre I de l'*Économie* doive être consacré à l'étude des variations respectives de la quantité et de l'utilité.

Il faut néanmoins examiner la mesure dans laquelle ces deux grandeurs sont « appréciables », c'est-à-dire d'abord définissables et ensuite mesurables. Walras qui fait grand argument de cette « appréciabilité » (*Ab.*, 30) de la valeur d'échange ne s'est pas posé la question de savoir si les grandeurs qui servent de base à son raisonnement ont également cette propriété.

La quantité de richesse sociale apparaît au premier abord facile à définir. Walras a bien soin de prendre des exemples dans des quantités d'avoine et de blé, c'est-à-dire dans des quantités homogènes, où, sans être absente, la qualité joue un rôle effacé.

Le problème se complique quand la qualité joue un rôle important, par exemple pour les meubles et le linge. Si l'on peut additionner des chaises dans un inventaire d'huissier, il semble difficile d'en faire autant dans une théorie économique. Quelle est la quantité de tableaux du Louvre ? On croit écarter l'objection en se référant à la valeur d'échange ou à l'utilité. Mais cette manière même de procéder montre que la notion de quantité s'est évanouie, puisqu'on a recours à l'autre grandeur.

A cette exception près, la quantité a les vertus requises d'une grandeur appréciable : on peut en particulier en définir un étalon qui persiste.

Mais, à vrai dire, il faudrait parler « des quantités » car il y a autant de grandeurs différentes que d'espèces de richesses sociales différentes, quoique le truchement des unités métriques pourrait induire en erreur. Une tonne de blé et une tonne d'avoine n'ont économiquement aucun élément commun.

De son côté, l'utilité a donné lieu à bien des controverses qui eussent pu être évitées si l'on avait pris soin de

définir exactement ce qui, dans l'utilité, est nécessaire aux développements de WALRAS. Ceux-ci exigent que l'on puisse comparer deux utilités. Or, il existe dans la vie un phénomène et un seul qui permette la comparaison de deux utilités, c'est le choix. On peut donc apprécier une utilité ; c'est une opération scientifique incontestable, et qui ne dépend pas de l'existence d'une échelle préétablie des utilités. Mais elle est soumise à deux restrictions, car *il ne faut jamais séparer la notion d'une grandeur de la possibilité de sa mesure.* Et il n'y a pas de mesure d'utilité hors du choix.

L'utilité doit d'abord s'entendre d'un individu. Additionner des utilités d'individus différents est jongler avec la psychologie et avec la méthode scientifique : on ne peut additionner que ce qu'on peut comparer. Comme on devrait dire les quantités de marchandises, on devrait dire les utilités des individus. L'utilité en outre est une notion instantanée, et qui ne laisse pas de traces, comme tous les phénomènes psychologiques, ce qui revient à dire qu'il ne faut pas non plus comparer deux utilités pour un même individu à des moments différents. L'étalon d'utilité ne peut se garder pour une autre opération, comme l'étalon de masse ou de longueur : c'est le propre des phénomènes psychologiques de n'avoir qu'une réalité instantanée.

On peut néanmoins, mais alors assez grossièrement, comparer deux utilités à des moments différents, pourvu qu'il s'agisse d'un même individu, en mettant en rapport les dispositions à l'enchère de cet individu dans des marchés successifs, mais c'est une comparaison peu précise et dont la valeur est limitée aux circonstances où elle est faite.

Au total on peut admettre une grandeur définissable pour un individu, mais il faut rejeter la comparaison des utilités pour deux individus comme n'ayant pas de sens (1).

(1) BRIDGMAN (cité par CARREL) refuserait à la comparaison de l'utilité pour deux individus différents le nom de « concept opérationnel ». Toute connaissance positive, ajoute CARREL, dépend d'une certaine technique. Cette

Un minimum d'analyse psychologique et surtout de logique eût montré à Walras que l'économie pure était loin d'être une branche des mathématiques. Mais par contre, dans les limites où les deux grandeurs fondamentales sur lesquelles il a basé son étude sont effectivement susceptibles d'être définies et mesurées, il faut lui laisser toute liberté pour bâtir ses développements.

***

5) *Les cas particuliers étudiés.* — Une science élémentaire ne définit pas seulement les grandeurs caractéristiques dont elle étudie les variations ; elle commence d'abord par isoler certaines variations plus simples à étudier, et le fait dans des cas favorisés : elle schématise donc la réalité pour mieux en apercevoir la structure.

L'économie élémentaire de Walras se borne à l'étude des variations de la quantité et de l'utilité dans l'échange de richesses sociales et accessoirement à l'influence de la production sur ces grandeurs.

L'échange fait passer une richesse d'un détenteur à un autre ; la production transforme certaines richesses en d'autres.

Il y a bien encore la capitalisation. Walras l'a ramenée, par erreur, à la production de richesses nouvelles : nous verrons que c'est, en fait, un échange particulier.

En outre, l'économie élémentaire de Walras étudie ces variations dans le cas simple de concurrence parfaite.

***

Au commencement de son exposé Walras décrit plutôt qu'il ne définit la concurrence et cela dans le cas

technique existait pour la comparaison de deux utilités pour un même individu : c'est le choix dont les dispositions à l'enchère sont un cas détaillé. Elle n'existe pas pour la comparaison de l'utilité pour des individus différents.

particulier d'un marché à la criée : « Aucun échange n'a lieu sans que les conditions en soient annoncées et connues et sans que les vendeurs puissent aller au rabais et les acheteurs à l'enchère » (*Ab.*, 41).

Mais dans le courant de ses démonstrations et pour leurs besoins, il revient sur cette définition et la précise dans chaque cas particulier, sans jamais essayer d'ailleurs de dégager des principes généraux et ses développements montrent, comme nous le verrons, qu'il n'avait pas effectivement de principes généraux.

« L'échange de deux marchandises entre elles sur un marché régi par la libre concurrence est une opération par laquelle tous les porteurs soit de l'une, soit de l'autre des marchandises, soit de toutes les deux, peuvent obtenir la plus grande satisfaction de leurs besoins compatibles avec cette condition de donner de la marchandise qu'ils vendent et de recevoir de la marchandise qu'ils achètent dans des proportions communes et identiques » (*Ab.*, 91).

Ce curieux énoncé qui se retrouve dans tous les chapitres comprend et confond à la fois les conditions du problème par une définition partielle de la concurrence et la constatation du résultat par la définition de l'équilibre sous une forme nouvelle et développée.

Il suffit pourtant de reprendre la description de la criée, d'y ajouter les indications données dans cette longue formule pour en avoir la définition de la concurrence dans le cas le plus simple de l'échange de deux marchandises, et de dégager les principes des détails particuliers au cas envisagé pour avoir une analyse générale de la concurrence parfaite.

D'une part la concurrence parfaite comporte pour un échangeur une information parfaite et instantanée, non seulement des conditions extérieures, mais de l'ensemble des dispositions à l'enchère de tout autre échangeur. Elle suppose en outre la possibilité matérielle intégrale et gratuite pour tous de se substituer à l'un des contractants

dans n'importe quel échange en faisant des conditions plus avantageuses.

Telle est la généralisation à tout marché des conditions de la criée.

Mais en outre, elle est supposée s'appliquer à un homme théorique, l'*homo œconomicus* qui cherche à obtenir toujours le maximum de ses satisfactions.

Cet *homo œconomicus* mis dans les deux conditions précédentes, obtiendra donc les satisfactions maximum qu'il peut espérer.

Walras n'a pas explicitement défini que les individus dont il étudiait les échanges cherchaient les satisfactions maximum.

On peut en faire une des conditions de la concurrence ou une simplification différente du modèle walrassien : peu importe, le modèle les comprend toutes les deux.

A côté de la concurrence, d'autres simplifications sont apportées à la réalité — parfois sans crier gare — par Walras, notamment en matière de production et de capitalisation. On les précisera lors de l'étude de ces phénomènes qui jouent un rôle important, mais néanmoins secondaire, dans l'objet de l'étude de Walras.

***

6) *L'objet de l'étude : retrouver par la théorie l'existence de la constance constatée du rapport des quantités échangées.* — Voici donc le domaine de l'étude défini : dans une réalité schématisée par la concurrence parfaite, Walras porte son attention sur un phénomène qui entraîne ou risque d'entraîner des variations de la quantité et de l'utilité pour certains individus des richesses sociales : l'échange.

Alors il constate dans l'échange la constance d'un rapport entre quantités échangées : c'est un fait d'expérience, d'ailleurs assez approximatif, mais suffisamment net. Il faut bien insister sur le fait que c'est une constata-

tion, un résultat, WALRAS le dit explicitement. Mais ses formules particulièrement mal venues de la définition de l'échange dans le cas de concurrence parfaite dont nous avons donné un exemple (*Ab.*, 91) pouvaient faire croire qu'il s'agit d'une condition.

Or, rien, dans la définition des quantités et des utilités, ne faisait deviner que ce rapport dût être constant.

Ce phénomène permet de rendre absolue une notion qui était relative jusqu'ici : *la valeur d'échange*, qui n'était, comme son nom l'indique, qu'un rapport entre deux quantités à propos d'un échange déterminé.

Mais les quantités de deux richesses sociales différentes sont elles-mêmes essentiellement différentes, le même nom de quantité crée seul une ressemblance factice. Leur rapport n'est donc pas un nombre absolu, comme le rapport de deux quantités de la même grandeur, c'est une grandeur nouvelle.

WALRAS constate expérimentalement cette possibilité de définir cette grandeur nouvelle ; alors son ambition est de la justifier par le raisonnement en partant de l'utilité et de la quantité des richesses sociales : son étude élémentaire veut être, en effet, la théorie de la valeur d'échange (*Ab.*, 30).

Il introduit donc de deux manières le phénomène de l'équilibre : en le constatant et en en esquissant une théorie. Quoiqu'il s'en défende, ses développements portent à la fois sur ces deux opérations.

II. — LA NOTION DE L'ÉQUILIBRE INSTANTANÉ DANS LE MARCHÉ DE DEUX MARCHANDISES

A) L'équilibre

7) *La détermination de la valeur d'échéance.* — La notion expérimentale de l'équilibre se dégage d'abord dans un marché où deux marchandises seulement sont en vente

l'une contre l'autre. A vrai dire, ce marché n'est jamais réalisé, mais on ne chicanera pas WALRAS pour cette abstraction dont le dessein est d'éliminer le phénomène monétaire trop complexe pour un débroussaillement du terrain.

Un tel marché est un ensemble d'échanges, portant sur des matières identiques, et réagissant les uns sur les autres.

A propos de chaque échange, on peut définir une « valeur d'échange », rapport des quantités échangées.

Or, le phénomène fondamental c'est que, dans les conditions de perfection posées par WALRAS, ce rapport est le même pour tous les échanges du marché. On peut donc définir une grandeur nouvelle, rapport d'échanges avec un « s » ou rapport de marché, ou mieux valeur d'échange. Cette grandeur ne présente d'intérêt qu'autant qu'elle s'applique à plus d'un échange. Elle est un concept valable pour l'étendue du marché. Les développements ultérieurs auront pour but d'étendre sous certaines conditions sa validité à toute l'économie. Mais, d'ores et déjà, la valeur d'échange est une notion expérimentale nouvelle qui a toutes ses caractéristiques propres.

Or l'équilibre et la détermination de la valeur d'échange sont une seule et même chose. Pour se le représenter, on peut prendre le modèle thermo-dynamique qui est ici presque intégralement transposable. La température en physique est une notion localisée à l'endroit où on peut placer un thermomètre. Mais quand un ensemble physique est en équilibre thermique, on peut définir une température pour cet ensemble. De même nous avons vu que l'équilibre d'un gaz consistait en ce que, étant donnés la température et le volume du gaz, par exemple, une pression déterminée s'établissait dans tout le gaz. De même, en économie, les quantités et les utilités étant données, une valeur d'échange s'établit dans tout le marché.

***

8) *Cette détermination est un phénomène instantané.* — L'étude sommaire de l'économie est un schéma en dehors du temps, comme est en dehors du temps une figure géométrique. Il est certain que le phénomène naturel d'une foire de province permet de faire cette première approximation. La foire dure un certain temps, par exemple une après-midi. Mais le phénomène de marché n'est pas l'histoire des échanges qui s'y sont déroulés. Il a lieu effectivement dans les courts instants où les demandeurs et les offreurs prennent conscience de l'offre et de la demande effectives, c'est-à-dire de l'ensemble des quantités de marchandises et des dispositions à l'enchère.

Avant, il n'y a que des tâtonnements ; après, que des transactions matérielles. Nous supposons dans ce cas simple qu'aucun retardataire d'un lointain canton ne vienne changer les données par la suite.

Walras a souligné l'indépendance du temps dans le phénomène qu'll étudie. « On peut voir, dit-il, sur les grands marchés les prix courants d'équilibre se déterminer en quelques minutes et des quantités considérables s'échanger en quelques heures. »

Et ces quelques minutes représentent une certaine durée parce que les échangeurs ne sont pas tous aussi renseignés, ni aussi bons et n'embrassent pas aussi bien et aussi vite les dispositions à l'enchère de leurs concurrents. C'est donc la conséquence de l'hypothèse de la concurrence parfaite de réduire ces quelques minutes à l'instant même, c'est-à-dire de sortir du temps le phénomène de marché, et de faire, en première approximation, son étude, comme celle d'un cercle, ou celle des conditions d'équilibre d'une balance ; c'est ce que Walras appelle l'étude statique ou à un instant donné (*Ab.*, 209).

Il sortira d'ailleurs de cette statique, en introduisant

le temps, c'est-à-dire qu'il verra comment se transforme son modèle dans le temps : c'est ce qu'il appelle l'équilibre dynamique. Les termes ont eu du succès, bien qu'ils soient sans aucun sens : un équilibre est instantané ou bien l'on étudie (avec plus ou moins de raisons naturelles) une suite d'équilibres, différents au moins par l'époque.

Mais, pour qui a bien à l'esprit la notion instantanée de l'équilibre, il n'y a aucun inconvénient à employer les termes dont l'étymologie est trompeuse, mais qui sont consacrés par l'usage.

B) Le mouvement et les variations

9) *Le « mouvement » dont l'équilibre est un cas particulier.* — En physique, l'équilibre thermique s'oppose à une « variation » de chaleur dont il est la nullité, donc un cas particulier.

Ces mouvements ont pour conséquence de faire évanouir la notion de température de l'ensemble : ce ne sont donc pas des variations de la température de l'ensemble qui s'opposeraient à la fixité de cette température. Cette température ne varie pas : elle n'existe plus, elle ne peut plus être définie.

De même l'équilibre de détermination du marché parfait s'oppose à l'état indéterminé du marché imparfait où les quantités échangées n'ayant pas de rapport commun d'un échange à l'autre, il n'est pas possible de déterminer une *valeur d'échange* pour l'ensemble du marché.

Aussi, en première approximation, l'économiste comme le physicien considèrent un système homogène, où valeur d'échange comme température sont définies ; en seconde approximation, ils étudient ces variations, c'est-à-dire un système où il y a plusieurs températures pour un même corps et des marchés où il y a plusieurs valeurs d'échange pour deux marchandises. Mais c'est seulement cette

deuxième approximation qui leur permet de voir que le cas particulier auquel ils avaient limité leur étude sommaire était un équilibre, c'est-à-dire une constance, cas particulier de mouvement qu'elle leur révèle.

Toutes les simplifications comportent en elles-mêmes cette contradiction. Ainsi, la statique est un schéma simplifié de la mécanique en dehors du temps. Mais, en réalité, sa place dans la mécanique n'est comprise qu'après l'étude de la dynamique ; la dynamique étudie les mouvements entraînés par des forces et comme cas particulier trouve des équilibres. Comme la condition de ces équilibres, qui ne peuvent être bien appréciés qu'en dynamique, est simple, on les sépare pour faire une étude première de la mécanique qui est la statique. Mais, logiquement, la statique ne doit pas être étudiée la première. Cette inversion n'est pas grave en mécanique, parce que les phénomènes étudiés *y sont intuitifs*. De même l'étude du marché sans concurrence, dans le cas de la concurrence parfaite, est bien une première approximation, mais ce marché ne peut être considéré comme en équilibre que si on a une notion de mouvement, c'est-à-dire de l'économie avec concurrence imparfaite. Si donc Walras s'était limité dans sa première approximation, il n'aurait pu s'apercevoir qu'il était dans cet équilibre.

Walras dit que l'on peut d'autant mieux agir en économie que l'on connaît mieux les conditions idéales de l'équilibre (*Ab.*, 242) et il ne voit pas qu'il s'est interdit de connaître les conditions parce qu'elles n'ont évidemment de sens que par rapport au non-équilibre dont il n'a pas la notion, s'étant en quelque sorte enfermé dans l'équilibre.

***

10) *Les variations de l'équilibre.* — A l'intérieur de cet équilibre, il restait néanmoins l'étude des variations de

l'équilibre, de même que le physicien étudie les déplacements de l'équilibre en supposant celui-ci toujours réalisé.

Walras ne s'est pas privé de faire cette étude qu'il appelle « la loi des variations des prix d'équilibre ». Il l'a fait à propos du dégagement de la notion de valeur d'échange dans un marché de deux marchandises.

Il la fera à propos de généralisations successives de cette notion à des secteurs de plus en plus grands de l'économie.

Il ne semble pas s'apercevoir qu'il s'agit dans tous ses chapitres d'une seule et même loi toute simple et qui ressemble à la loi de variation de l'équilibre physique, parce qu'elle est logiquement incluse comme celle-ci dans la détermination de l'équilibre.

La valeur d'échange est déterminée quand sont données sur un marché les quantités de chaque marchandise et leur utilité pour chaque individu.

Si les données sont autres, la valeur d'échange sera autre aussi. Il y a donc une première manière de faire varier l'équilibre qui est une manière abstraite, virtuelle, comme la considération des positions voisines d'une figure géométrique. C'est le seul possible quand on étudie un phénomène abstrait figé dans le temps. Mais quand on étudie un phénomène naturel, on peut voir comment réellement varie l'équilibre si l'on considère des déterminations successives dans le temps.

Les physiciens envisagent cette variation réelle car la détermination des conditions de l'équilibre peut se faire pratiquement à chaque instant d'une manière légèrement différente ; on peut, en prenant des précautions, faire des déterminations successives, en n'étant pas trop pointilleux sur la continuité des phénomènes.

Walras a conçu les mêmes déterminations *successives*. S'agissant d'opérations virtuelles, abstraites, il a parfaitement le droit de dire : « Si, au lieu d'être telle qu'elle est,

l'utilité (ou la quantité) était la plus grande, la valeur d'échange serait plus grande (ou plus petite...). » Mais il semble qu'il ait considéré une succession réelle de déterminations, à l'image des physiciens. Il sort donc de son modèle instantané, mais comme il n'a pas étudié encore ce qui se passe au delà, il ne peut apprécier les précautions qu'il doit prendre hors du domaine où il s'est cantonné.

En raison de la contradiction théorique des notions de « variation » et « d'équilibre » déjà signalée en physique, la réalisation du déplacement d'un équilibre suppose des conditions particulières qui ne peuvent être connues que par l'étude du mouvement. En physique, la thermodynamique a précisé les conditions d'entropie, et la pratique a dégagé les conditions de lenteur nécessaires à la considération théorique d'un déplacement d'équilibre ou à sa réalisation pratique.

Mais, à sa première approximation, enfermé dans l'équilibre, WALRAS ne peut connaître les conditions théoriques ou pratiques auxquelles on peut parler de déplacement d'équilibre.

En supposant résolues ces difficultés, le déplacement de l'équilibre physique et le déplacement de l'équilibre économique présentent encore d'autres différences qui débordent les développements de WALRAS : le déplacement physique était réversible, car la physique n'a ni passé ni mémoire. Le déplacement économique n'est pas réversible, car l'utilité est une notion psychologique qui ne revient jamais au même état. C'est ce que montrent par exemple les statistiques de François SIMIAND sur les conséquences des augmentations et des diminutions de salaires. En outre, le nombre des échanges d'un marché est relativement petit, même pour un marché mondial, à côté du nombre des molécules de gaz dans une enceinte, fût-elle d'un millimètre cube. Les lois de grands nombres y connaissent plus de fluctuations.

***

11) *Les mouvements virtuels de Walras.* — Les variations de l'équilibre pourraient être considérées comme virtuelles ou comme réelles selon que l'on considère le modèle instantané de l'équilibre walrassien ou que l'on en sorte ; d'une autre nature sont les démonstrations de Walras qui font chercher au lecteur l'équilibre là où il n'est pas.

Les démonstrations de Walras constituent sans aucun doute un raisonnement abstrait, hors du temps. Seulement elles prennent un petit air de mouvement, d'autant plus que Walras se plaît à y considérer des positions d'équilibre stable ou instable ; on a beau les savoir n'être qu'entre grandeurs imaginaires, elles n'en troublent pas moins l'esprit.

En fait, Walras, emprisonné dans l'équilibre n'en est pas sorti. Il n'a considéré à aucun moment un marché imparfait qui deviendrait parfait. Il a tout simplement procédé au raisonnement par l'absurde suivant :

1° L'expérience montre qu'il y a une valeur d'échange déterminée ;

2° Les calculs prouvent que, si il n'y a pas égalité entre offre et demande effective, il ne peut y avoir équilibre du marché (c'est-à-dire une valeur d'échange déterminée) ;

3° Comme il y a équilibre, il y a donc égalité entre la demande et l'offre effective.

Les hypothèses « absurdes » ne sont pas du tout celles d'un marché imparfait, qui n'ont pas lieu parce que le marché est parfait ; elles ne sont pas non plus les conditions d'un établissement réel du marché, c'est-à-dire la fluctuation d'un marché qui commence : l'économie sommaire n'étudie pas le « démarrage » d'un marché. Il s'agit dans la démonstration de « tâtonnements préliminaires » en vue de l'établissement de l'équilibre « en principe » (*Ab.*, 211), *ce sont des hypothèses de marché parfait contenant*

en elles-mêmes des contradictions logiques. Un exemple le montre bien. WALRAS dit : « Et dans telles conditions la valeur d'échange serait plus basse... » Mais nous avons vu que sur marché imparfait, il n'y a pas une valeur d'échange. Ce mouvement virtuel des raisonnements de WALRAS est un mouvement *mécanique* (1) où toutes les positions sont définies et c'est pourquoi d'ailleurs il permet de considérer des positions stables et instables.

Voilà donc ce qui jette un trouble sur la valeur de l'équilibre walrassien. Les deux équilibres : celui de la réalité et celui des démonstrations ne sont pas de même nature. Le premier en est une détermination au milieu du chaos. Le second est une position privilégiée parmi d'autres positions bien déterminées. Beaucoup de gens y voient un équilibre abstrait entre des hypothèses abstraites — quelque chose comme une offre et une demande virtuelles — et WALRAS est responsable de ces confusions successives entre le virtuel et le réel. Il réunit, en effet, la loi de variation des prix d'équilibre à la loi d'établissement de ces prix pour avoir la formule scientifique de l'offre et de la demande (*Ib.*, 118). Or la loi d'établissement n'est qu'un raisonnement par l'absurde — alors que la loi de variation, qui peut également être virtuelle, est généralement comprise comme une variation réelle.

C) Conclusion

12) *La notion d'équilibre en économie.* — Aussi faut-il considérer l'équilibre économique réel en se dégageant des abstractions accumulées des démonstrations de WALRAS et surtout de l'équilibre virtuel qui y prend place. Il faut pour cela tout simplement replacer le modèle de WALRAS

(1) Rappelons que dans un mouvement mécanique les positions de mouvement sont aussi bien définies que les positions d'équilibre.

dans la réalité, où il fait figure d'équilibre au milieu des mouvements, c'est-à-dire replacer l'Économie pure élémentaire de WALRAS dans toute l'économie pure.

Au stade de l'échange de deux marchandises, l'image de l'équilibre d'un gaz est excellente (1), aussi faut-il bien la considérer avant qu'elle ne soit dépassée.

L'état de marché parfait est celui où tous les échanges font ressortir le même rapport entre les quantités échangées. Ce rapport peut alors définir une « valeur d'échange » pour l'ensemble du marché. Il y a équilibre.

Le déséquilibre existe quand on ne peut plus définir une « valeur d'échange » pour tout le marché, parce que les échanges partiels font ressortir des valeurs différentes.

C'est d'ailleurs l'état naturel des marchés un peu étendus, dès que les échanges sont suffisamment nombreux et comme en thermodynamique, l'équilibre est un état vers lequel on tend. Ce que dit d'ailleurs fort justement WALRAS (*Ab.*, 242) en définissant le marché permanent.

En physique la tendance à l'équilibre — notion qualitative — est précisée quantitativement par la tendance de l'entropie à être maximum.

Or ce mot même de maximum se rencontre sous la plume de WALRAS à propos de la satisfaction maximum des besoins. Et cette satisfaction maximum est effectivement une condition de l'équilibre. On est donc tenté de considérer l'équilibre économique comme un maximum, au même titre que l'équilibre d'un gaz. La satisfaction maximum des besoins jouerait le rôle de l'entropie.

Elle tendrait naturellement à se produire — comme le maximum d'entropie. Malheureusement la satisfaction se

(1) On a vu comme différence l'imperfection des unités « grandeurs » et « utilités » notamment l'irréversibilité de cette dernière et le nombre relativement petit d'échanges élémentaires dans un marché. Il faut ajouter que pour un gaz la pression, le volume et la température jouent des rôles symétriques, alors que, dans le modèle de WALRAS, la quantité et l'utilité sont essentiellement des données et la valeur d'échange un résultat.

rattache à l'utilité, et l'utilité est une notion essentiellement subjective que l'on ne peut additionner d'un individu à l'autre comme on le fait pour l'entropie d'un élément à l'autre.

***

13) *Walras et le déséquilibre.* — Il est juste de reconnaître que Walras n'a pas limité ses conclusions à l'hypothèse de la concurrence parfaite. Il s'est effectivement rendu compte de l'hypothèse dans laquelle il se plaçait (*Ab.*, 289). Mais il n'en a pas saisi toute la portée. Il faut pourtant le dire : Walras créateur de la notion d'équilibre en économie n'a pas eu la notion de déséquilibre pourtant complémentaire.

Cherchant en conclusion des systèmes où la concurrence n'est pas parfaite, il ne les voit pas dans la réalité de tous les jours, mais dans d'autres systèmes où selon lui « la libre concurrence n'est pas le seul mode d'organisation de l'industrie : il y en a d'autres : la réglementation, les tarifs, le privilège, le monopole » (*Ab.*, 289).

Malgré qu'il dise être bon apôtre en cette matière, il ne s'est en effet pas complètement dégagé de la confusion de son siècle entre la doctrine et la science : c'est pourquoi il étudie l'application d'une doctrine, le libéralisme, et l'oppose aux autres.

En outre, il a été gêné par son erreur fondamentale de logique : il prétend étudier une grandeur mathématique : la valeur d'échange. Quand celle-ci n'est pas déterminée, il n'y a plus d'étude possible, pour lui qui n'a pas compris que l'objet de la science était de serrer la vérité de plus près, quitte à abandonner son premier schéma.

C'est pourquoi il cherche les cas où la valeur d'échange est néanmoins définie, comme le monopole, cas que nous appellerions de faux équilibres. Il est donc bien prisonnier de son équilibre et n'a eu de notion de déséquilibre que

comme quelque chose d'imparfait que la science devait négliger et non comme le domaine d'une étude théorique plus difficile certes, mais sur le même plan.

III. — GÉNÉRALISATION DE LA NOTION D'ÉQUILIBRE

A) L'échange de plus de deux marchandises

14) *Généralisation de la notion de la valeur d'échange.* — L'équilibre étant la détermination possible d'une valeur d'échange dans tout un domaine économique, alors que logiquement cette valeur est une notion propre à un échange, la généralisation de la notion d'équilibre consistera à définir cette grandeur dans des domaines de plus en plus compliqués de l'économie. Mais le principe restera le même.

Il ne s'agit donc plus de définir un nouveau concept, mais de voir comment Walras s'y est pris pour retrouver par le calcul cette détermination grossièrement révélée par l'observation dans tout un système économique.

La première extension est celle de l'échange de plus de deux marchandises.

Comme Walras réserve pour la fin sa théorie de la monnaie, afin de donner plus de généralité à ses démonstrations, il essaie de raisonner le plus longtemps possible sur des économies non monétaires. Il n'y a là en principe rien de blâmable, mais toute complication inutile risque d'entraîner des erreurs.

En effet, quand on généralise une étude théorique, il faut d'abord généraliser les définitions et les conditions de l'expérience, c'est-à-dire qu'il faut continuer à abstraire dans la même ligne d'idées. Sinon, les résultats obtenus ne sont pas faux (la fausseté ne peut résulter que d'une contradiction interne). Mais ils ne sont que la schématisation de la réalité suivant un principe différent des premiers sché-

mas. D'où l'absence d'harmonie et l'inutilité de la théorie.

Le premier point était de généraliser les conditions de la concurrence parfaite. Quand ces conditions sont des principes que l'on a soigneusement dégagés, il suffit de les appliquer au nouveau modèle plus complexe qui est formé d'un marché composé de plusieurs séries d'échange où l'on peut troquer deux à deux n'importe quelle marchandise contre n'importe quelle autre.

Le principe de la concurrence parfaite est en effet l'information instantanée et les possibilités d'action intégrale et gratuite au profit d'échangeurs connaissant et recherchant leur maximum de satisfaction ; il implique dans un tel modèle non seulement la possibilité de se substituer directement à un autre échangeur, mais évidemment celle de se substituer indirectement par l'arbitrage. Si l'*homo œconomicus* voulant du blé contre de l'avoine peut avoir plus de blé en passant par l'intermédiaire des carottes, il le fera. S'il ne le fait pas, c'est qu'il ne le peut pas ou ne le sait pas, mais alors la concurrence n'est pas parfaite.

Or Walras n'a pas généralisé ainsi, ou plutôt il n'a pas précisé, comme précédemment, les conditions de fonctionnement du marché. On retrouve bien des éléments dans la définition de la concurrence parfaite qu'il donne au milieu de ses calculs et qui confond pêle-mêle les hypothèses et les résultats :

« L'échange de plusieurs marchandises entre elles sur un marché régi par la libre concurrence est une opération par laquelle tous les porteurs, soit d'une, soit de plusieurs d'entre ces marchandises, soit de toutes, peuvent obtenir la plus grande satisfaction de leurs besoins compatibles avec cette condition que non seulement deux marchandises quelconques s'échangent l'une contre l'autre suivant une proportion commune et identique, mais que de plus ces deux marchandises s'échangent contre une troisième quel-

conque suivant deux proportions dont le rapport soit égal à la première » (*Ab.*, 111).

Mais WALRAS considère le marché de plusieurs marchandises comme la juxtaposition de plusieurs marchés de marchandises deux à deux et considère comme concurrence parfaite celle des marchés élémentaires même si ceux-ci ne sont pas arbitrés. Faute d'avoir dégagé les principes de la concurrence, il s'est contenté de plaquer dans le modèle plus compliqué sa description de la criée, sans voir qu'avec elle il n'aurait jamais que des marchés partiels parfaits et qu'il n'avait rien ajouté à l'ensemble.

Du point de vue pratique, l'hypothèse est ridicule : il est plus facile de faire un bon arbitrage que de réaliser une concurrence parfaite. WALRAS reconnaît lui-même que l'emploi de la monnaie assure pratiquement un excellent arbitrage (*Ab.*, 112) alors qu'il n'assure pas la perfection de la concurrence.

En théorie, la généralisation naturelle de la concurrence parfaite conduit à une généralisation simple de l'équilibre ; l'absence de généralisation de la concurrence amène à une explication complexe de la réalité superposant un équilibre général à des équilibres partiels.

15) *L'équilibre général.* — Quand la concurrence est parfaite, arbitrage compris, on constate un fait remarquable : non seulement les quantités de chaque marchandise échangées l'une contre l'autre sont constantes, mais en rapportant toutes les marchandises à une même marchandise, les rapports d'échanges obtenus sont les mêmes, quelle que soit cette marchandise, à un coefficient multiplicateur près. On peut donc définir, à un coefficient près, une nouvelle grandeur : la valeur d'échange de chaque marchandise qui est la généralisation de la valeur d'échange de deux marchandises, et ceci dans *tout le marché.*

C'est évidemment l'arbitrage qui a rendu possible la

considération de cette valeur constante dans tout le domaine économique étudié.

L'équilibre est, ici encore, une détermination. Il n'est plus comparable à un modèle physique : il a trop de « dimensions ».

On peut cependant se figurer l'équilibre de N gaz (autant qu'il y a de marchandises), dans un ballon. La température et le volume étant déterminés il s'établit un équilibre qui permet de déterminer la pression partielle de chaque gaz. Encore est-ce une simple image. Toutes les propriétés de l'équilibre de la valeur d'échange de deux marchandises : variation, mouvement, etc., sont très simplement généralisées.

Et le schéma est encore ici exactement l'équilibre thermo-dynamique.

16) *Les équilibres partiels de Walras.* — Cependant Walras a distingué, nous l'avons vu, dans les conditions de concurrence parfaite, l'arbitrage qui n'est pas réalisé. Il a donc, en fait, dans le modèle plus complexe, considéré un non-équilibre. Il est donc sorti de son équilibre dans lequel nous lui avons fait grief de s'être enfermé. Et alors, effectivement, l'équilibre général apparaît bien comme un cas particulier du mouvement, car le mouvement est étudié alors. Ce mouvement de l'ensemble, c'est-à-dire l'indétermination de la valeur d'échange dans tout le marché, est fait de variations des équilibres partiels, c'est-à-dire de déterminations de la valeur d'échange dans les marchés partiels. Mais le mouvement est une indétermination relative, car le nombre des inconnues est fini et c'est pourquoi Walras s'y aventure. Au lieu de n valeurs déterminées, il a $n\ (n - 1)$ rapports.

Mais, comme c'est par une mauvaise analyse des éléments de la concurrence que Walras a occasionnellement parlé de mouvements, il n'a pas vu que cet état indé-

terminé est de même nature que celui où, par exemple, l'arbitrage est parfait, mais les marchés imparfaits. Dans l'un comme dans l'autre, on ne peut déterminer de valeurs d'échanges pour chaque marchandise. Et la détermination d'une valeur d'échange est liée à l'équilibre du marché.

« Il ne faut pas se faire illusion sur la portée de l'équilibre général walrassien, écrit M. Nogaro (1) avec juste raison, c'est dans l'hypothèse exceptionnelle d'un marché de trocs l'équivalent de l'équilibre pur et simple, tel qu'il se réalise sur un marché normal où la monnaie est en usage. »

La réalité est encore plus simple. Le terme *général* s'applique au marché dans lequel Walras a découpé artificiellement des petits marchés partiels, et non à l'équilibre.

Celui-ci est unique : c'est la détermination de la valeur d'échange qui peut avoir lieu dans les marchés de plus en plus généraux quand les conditions de la concurrence parfaite sont assurées dans l'ensemble du marché.

B) Le marché des services et la production

17) *La généralisation de la valeur d'échange.* — Dans une section consacrée à la production, Walras généralise la détermination de la valeur d'échange à un ensemble composé du marché des services et du marché des produits, sous le nom d'équilibre de la production :

« L'état d'équilibre de la production, dit-il, contient implicitement celui de l'échange » et il énonce trois conditions à cet équilibre dont deux sont relatives à l'échange de services et le troisième relatif à l'équilibre de la production (*Ab.*, 153).

Les conditions étant nettement distinctes, il vaut mieux diviser la difficulté en étudiant les deux phénomènes.

Le marché des services et le marché des produits sont

(1) Nogaro, *Le Développement de la pensée économique.*

comparables à deux vases reliés entre eux. On a déterminé une grandeur (la pression par exemple) dans le premier vase qui est donc en équilibre relativement à cette grandeur. Pour déterminer une pression pour l'ensemble, on peut déterminer une pression pour ce second vase et montrer que les deux vases ont même pression.

C'est de cette manière que nous analyserons la généralisation de WALRAS à la section production.

***

18) *L'équilibre sur le marché des services. — A priori*, le marché des services s'analyse exactement comme le marché des produits. C'est d'ailleurs la raison d'être de l'extension du terme « marché », à des opérations nouvelles. Il s'agit d'échanges entre contractants venus chacun avec des dispositions à l'enchère. Ce sont donc encore les quantités et les utilités qui, étant données, déterminent une valeur d'échange dans un régime de concurrence parfaite.

Cependant, la nature de la grandeur « quantité » de services apporte un élément nouveau sur lequel WALRAS n'a pas insisté et qui est néanmoins fondamental pour la construction de son schéma.

Un service est le produit de l'utilisation d'un capital (capital fabriqué, terre ou capital humain). Et l'utilisation est une notion qui fait intervenir le temps. Ce qui s'échange contre une marchandise c'est le service d'un capital pendant un certain temps.

A l'instant précis où l'on considère l'économie, il existe une quantité donnée de marchandises, mais il n'existe pas de quantités de services. « Dix mille travailleurs » est un terme qui n'a pas d'épaisseur. Il faut dire par exemple 10.000 journées de travailleurs.

L'on pourrait croire que, les services se louant par un certain temps, il suffise de considérer ces marchés où se

louent les temps de services. Mais cette considération serait encore plus contraire au modèle de WALRAS ; la libre concurrence suppose que l'on puisse reprendre son engagement pour le porter ailleurs, et en outre cette considération de services futurs serait encore plus contraire à l'instantanéité.

Le schéma de WALRAS exige que l'on ne considère que les services effectués à l'instant considéré.

Il faut donc bien lui donner une certaine épaisseur, et il faudra abandonner l'idée d'instantanéité pour celle d'un court espace de temps « pendant lequel il n'y aura pas de changement dans les données du problème » (*Ab.*, 210).

***

19) *L'entrepreneur.* — Une valeur d'échange est donc déterminée d'une part, dans le marché des services et d'autre part dans le marché des produits.

Ces deux marchés sont en communication par le phénomène de fabrication ou de production. Celui-ci est le fait d'un individu qui se propose de réaliser cette production : l'entrepreneur. Il nous faut donc schématiser le rôle de l'entrepreneur dans le modèle de WALRAS. Ce rôle a été l'objet de nombreuses confusions dans l'histoire de la science économique.

L'École anglaise avait toujours confondu le rôle de l'entrepreneur avec celui du capitaliste, sous prétexte que les entrepreneurs étaient en pratique également des capitalistes. A la suite de J. B. SAY, WALRAS dissipa cette confusion. Mais, comme la plupart des économistes, il prête encore deux rôles distincts à l'entrepreneur : l'intermédiaire entre les services et les produits, et l'intermédiaire entre le capital et les services de ce même capital. Ces deux rôles sont certes souvent réunis en pratique sur la même tête : notre distinction revient à supposer qu'un

(ou plusieurs) individus possède le fond de l'entreprise et le loue à un second individu, dont le rôle est de fabriquer au jour le jour. Il semble que WALRAS eût dû séparer le premier rôle du second. Ce dernier répond exactement à la fonction étudiée : mettre en communication le marché des services et le marché des produits. En fait, cette communication est assez bien réalisée par les ateliers autonomes de certaines usines modernes à comptabilité décentralisée (1) (Chaussures Bat'a).

C'est donc l'étude de cette communication qui va permettre la seconde généralisation de l'équilibre, c'est-à-dire une extension du domaine où la valeur d'échange est définie.

Cette extension est simple : nous avons défini d'une part une valeur d'échange sur le marché des produits, de l'autre sur le marché des services. Il faut maintenant mettre les deux marchés en communication et définir une seule valeur pour les deux.

C'est comme si l'on avait défini la pression de deux gaz contenus dans deux ballons et que l'on mette ces deux ballons en communication. Pour dire que l'ensemble a une pression définie, il faut que l'intercommunication soit établie. Et l'image serait encore plus juste si chaque ballon contenait un grand nombre de gaz ; la pression partielle de chacun de ces deux gaz devrait donc être de même définie.

20) *Les coefficients de fabrication.* — Bien entendu, même réduit à ce rôle de fabricant, l'entrepreneur va encore être schématisé, pour être intégré au modèle sim-

(1) Autrement dit une entreprise théorique n'a pas de capital. Le progrès de WALRAS sur les Anglais est de ne pas faire de l'entrepreneur le propriétaire du capital-monnaie. Mais WALRAS a laissé à l'entrepreneur le soin de transformer en outillage les fonds empruntés. C'est ce rôle — qui n'a rien à voir avec le pont jeté entre le marché des services et celui des produits.

plifié de Walras. En particulier, la fabrication va être instantanée.

Notre fabrication schématique instantanée pourra alors être définie par des coefficients de fabrication. C'est-à-dire les « quantités respectives de chacun des services producteurs qui entrent dans la confection d'une unité de chacun des produits » (*Ab.*, 166).

Mais il faut que ces coefficients soient les mêmes pour chaque producteur de manière à pouvoir être définis pour l'ensemble de la transformation. Il en sera ainsi si la concurrence règne d'une part sur les deux marchés, d'autre part entre les fabricants. C'est d'ailleurs ce qu'écrit Walras — en traitant ensemble la production et le marché des services — et en définissant suivant son habitude curieuse la concurrence par ses résultats : « La production, sur un marché régi par la libre concurrence est une opération par laquelle les services peuvent se combiner en produits de la nature et de la quantité propres à donner la plus grande satisfaction possible des besoins, dans les limites de cette double condition que chaque service comme chaque produit n'ait qu'un seul prix sur le marché et que le prix de vente des produits soit égal à leur prix de revient en services » (*Ab.*, 174).

Mais on suppose que la concurrence joue sans frais, ce qui est beaucoup moins près de la réalité pour la concurrence entre producteurs où il faut changer la fabrication que pour la concurrence sur le marché — où il suffit de changer de comptoir. Ceci nous est d'ailleurs égal pour le moment puisque notre fabricant instantané loue des machines d'une manière instantanée : nous avons reporté à la location de machine la difficulté, c'est-à-dire la différence un peu trop grande du schéma et de la réalité.

Telle est la schématisation du « producteur » dans le modèle walrassien, la distinction des deux rôles de l'entrepreneur étant toutefois moins nette que nous ne l'indiquons.

Or, la communication est facile à se représenter. L'entrepreneur est un demandeur sur le marché des services et un offrant sur le marché des produits.

Étant donné les coefficients de fabrication, c'est-à-dire l'état de progrès technique, l'entrepreneur joue le rôle de répercuter exactement sur la demande de produits (par le truchement de son offre de produits) l'influence qu'il reçoit de l'offre des services (par le truchement de sa demande de services), ce que WALRAS exprime en disant que la valeur (ou prix) des produits doit être égale à la valeur des services (ou prix de revient).

Ces deux intermédiaires (prix de vente et de revient) n'ont pas d'influence propre, telle une membrane de caoutchouc entre deux vases dont la pression est égale sur les deux faces ; ils transmettent simplement l'influence de l'offre de services sur la demande de produits qui sont les seules données du modèle théorique (où la concurrence de la production est parfaite) déterminant la valeur d'échange de chaque produit ou service.

Le rôle de producteur, dans le schéma instantané, n'est donc pas joué par les quantités qu'il produit. Celles-ci sont nulles dans un modèle parfaitement instantané et, dans le modèle « épais » d'un court espace de temps, doivent être absolument négligeables devant les quantités existantes.

C'est par les rapports que les coefficients de production établissent entre les marchés et non par l'influence du débit de la production que s'égalisent, dans le schéma instantané de l'équilibre de WALRAS, le prix de vente et le prix de revient.

C) La capitalisation

21) *Le taux de revenu.* — L'équilibre paraît général, c'est-à-dire que WALRAS a analysé comment une valeur d'échange pourrait se déterminer dans tout le système économique.

Cependant, il y a encore une « communication » entre services et produits qui a été négligée jusqu'ici.

Les services sont l'utilisation de capitaux qui ont, par ailleurs, une valeur d'échange sur le marché des produits. Walras en excepte pudiquement le capital humain, qui n'a pas toujours fait exception.

Cette valeur peut avoir également une origine propre : une vache a une valeur pour sa viande et pour sa production de lait.

Mais en général, la valeur d'échange d'un capital provient de la valeur d'échange des services qu'il permet d'obtenir. Il y a donc une dépendance entre ces deux valeurs : c'est le phénomène de la capitalisation. Cette dépendance peut s'exprimer par leur *rapport* que Walras appelle taux de revenu (*Ab.*, 184).

Mais ce rapport n'est un nombre absolu que si les deux grandeurs comparées ont même dimension, c'est-à-dire même épaisseur. On ne peut donc parler de taux de revenu que dans le modèle ayant une durée suffisante. Le taux de revenu est alors le rapport de la valeur d'échange du service pendant la durée, épaisseur du modèle et la valeur d'échange instantanée du capital.

22) *L'erreur de Walras.* — Or, le taux de revenu net est un phénomène pratiquement instantané, c'est-à-dire se produisant dans un modèle aussi peu épais que l'on voudra, de manière à ce que les quantités produites et consommées n'influent pas sur les offres et demandes en présence. Autrement dit il n'en faut pas chercher l'origine dans la consommation ou la production effective, donc dans l'épargne, dont l'effet doit être négligeable dans l'épaisseur de temps considéré.

C'est pourtant ce qu'a tenté de faire Walras en déterminant le taux de revenu par la quantité de numéraire qui s'offre pour acheter des capitaux neufs et celle demandée en échange de capitaux neufs.

Il élimine l'action de tous les capitaux existants, infiniment plus grande que celle des capitaux neufs pendant un court espace de temps, et ne considère que les capitaux neufs. En l'absence de toute fabrication de capitaux neufs le taux de revenu existerait quand même. Tel est le prix de vente des terres au Moyen-Age.

L'erreur serait lourde, surtout pour quelqu'un qui se targue d'être mathématicien, d'éliminer dans un modèle momentané la partie principale et de ne considérer que l'action différentielle de son accroissement. Et pourtant, il n'y a guère espoir que WALRAS soit sorti du modèle instantané puisqu'il définit encore la concurrence en cette matière comme destinée à procurer l'utilité maxima (*Ab.*, 201). Et l'utilité est une notion instantanée.

Non seulement WALRAS aurait abondonné l'instantanéité de son modèle, mais il aurait également renoncé à le construire « en nature » puisque les deux éléments de l'équilibre qu'il propose font intervenir des quantités de numéraires avant qu'il n'ait traité la monnaie.

Et pourtant, il aurait eu le droit dans ce cas de raisonner sans monnaie puisque, sans celle-ci, des services échelonnés dans le temps ont néanmoins une valeur d'échange immédiate.

23) *La détermination naturelle du taux de revenu.* — Il ne faut donc pas accepter l'abdication de WALRAS, mais se montrant plus walrassien que lui, compléter l'harmonie de sa théorie de l'équilibre en définissant le phénomène de la capitalisation que l'expérience nous montre instantané et sans monnaie dans un système où la quantité et l'utilité pour chacune des richesses sociales sont les données.

Pour cela, il n'y a qu'à regarder de quoi il s'agit.

Le taux du revenu est le rapport entre la valeur d'échange d'un service pendant le temps très court où fonc-

tionne le modèle et la valeur du capital, c'est-à-dire la valeur qu'a l'ensemble des services à recevoir dans l'avenir de ce capital.

Si petite que soit l'épaisseur de temps du modèle, ce taux est défini, et se trouve être de même ordre de grandeur qu'elle. C'est donc un rapport entre valeur d'échange, constituant lui même une valeur d'échange. Il n'y a donc qu'à analyser tout simplement le marché où ces deux utilisations s'échangent.

Là encore, il faut schématiser car, en pratique, tous les capitaux ne sont pas perpétuellement utilisables. WALRAS a considéré fort justement une marchandise consistant en un revenu net perpétuel (1) (*Ab.*, 193). Nous ferons à peu près la même hypothèse en considérant qu'un capital consiste dans la disposition perpétuelle d'un service, toujours égal à lui-même en nature.

Le taux de revenu est le rapport des prix en économie monétaire. Dans le modèle simplifié de WALRAS c'eût dû être le taux d'échange entre des services effectifs pendant la petite épaisseur de temps et la promesse de services futurs que représente la propriété du capital.

C'est en une journée l'échange d'un bac contre le service de mille traversées (qui seraient faites sans pilote).

La seule difficulté à se représenter cet échange pur vient de ce qu'il faut beaucoup de services pour balancer le capital dans un modèle très peu épais. La difficulté disparaîtrait dans un modèle plus large. C'est dans un modèle d'une année l'échange d'un pommier contre une quantité de pommes égale à cinq fois sa récolte.

Aussi, malgré son épaisseur, cet exemple est plus suggestif. Nous supposerons donc un marché où l'on échange des pommiers contre des pommes et que les pommiers

(1) Nous n'insisterons pas sur la différence entre le revenu net et le revenu brut, aujourd'hui classique, mais qu'il y avait quelque mérite à dégager à l'époque (*Ab.*, 183).

sont tous les mêmes, pour rapprocher notre récolte du revenu schématique.

Il n'y a plus, pour être dans le strict esprit walrassien, qu'à analyser les utilités et les quantités qui s'échangent et à généraliser au cas de plusieurs marchandises.

Chacun des échangeurs vient au marché des pommiers contre des pommes avec des dispositions à l'enchère en pommes et en pommiers, c'est-à-dire en pommes actuelles et en pommes futures.

Toute enchère suppose de sa part un choix, c'est-à-dire une comparaison *d'utilités* immédiates. Il ne faut donc pas dire que les échangeurs troquent une utilité immédiate contre une utilité future, qu'ils ne connaissent pas et dont la comparaison avec une utilité immédiate n'a pas de sens.

En réalité, l'échange compare deux utilités immédiates : la possession de pommes et l'espérance de la possession future de pommes.

Le taux de revenu net d'un service est donc la conséquence de l'équilibre d'un marché où s'échangent des biens tangibles contre des promesses.

24) *L'égalité des taux de revenus.* — L'expérience montre que pratiquement le taux de revenu net est le même pour toutes les marchandises. On peut expliquer ce résultat dans le cadre d'une concurrence parfaite des échanges et dans la certitude d'une *concurrence parfaite dans l'avenir.*

Si, en effet, sur le marché des poires (ou des locomotives ou des gilets de laine) le taux de revenu était différent, l'*homo oeconomicus*, base du modèle walrassien, pourrait faire l'arbitrage suivant : changer ses pommes contre des poires, au marché normal, puis ses poires contre des espérances de poires (c'est-à-dire des poiriers) et se réserver de changer dans l'avenir des poires contre des pommes.

Mais ces échanges successifs ne seront possibles que si la concurrence est garantie pour l'avenir et si la valeur

d'échange poires contre pommes n'a, dès maintenant, pas plus de chances de varier dans un sens que dans l'autre.

Cette dernière condition montre que ce n'est pas le taux de revenu en nature, mais en valeur qui est constant.

L'arbitrage est donc réalisé par des gens qui achètent des capitaux uniquement pour en bénéficier des services. Or, c'est précisément la deuxième fonction de l'entrepreneur que nous avons dissociée de la fabrication et que nous retrouvons ici ; celle qu'il accomplit en achetant son outillage pour en obtenir des services et en empruntant à cet effet : il arbitre les taux de revenu de l'outillage et de la monnaie (la deuxième fonction étant de transformer ces services en produits).

Or c'est cet arbitrage qui prend la part prépondérante dans une économie monétaire, car les qualités de la monnaie lui donnent un rôle particulièrement important dans l'échange de biens actuels contre l'espérance de biens futurs.

Ainsi, nous servant des outils mêmes de Walras, les utilités et les quantités, nous avons reconstruit la troisième relation entre les valeurs d'échange des richesses sociales : les capitaux et les services. Walras n'avait pas suffisamment analysé l'utilité, base de son modèle. L'ensemble de ce qui est utile à un homme se compose pourtant de choses tangibles et d'assurances sur l'avenir.

Et nous avons même pu trouver ainsi la condition supplémentaire que cette dernière relation impose au schéma : la certitude d'une concurrence parfaite dans l'avenir.

Ainsi est parachevé le modèle walrassien, instantané, sans monnaie.

C) La monnaie

25) *Définition de la monnaie.* — Alors, dans ce modèle construit sans elle, Walras introduit la monnaie. Il

définit la monnaie d'une manière très large, remarquable pour l'époque, en comprenant sous ce terme non seulement les métaux précieux et les billets, mais aussi la monnaie bancaire. Il ne dépasse pas cependant la notion de la monnaie reconnue officiellement comme telle (1).

Il analyse parfaitement les trois rôles d'une monnaie qui est un étalon, un instrument de circulation et un instrument d'épargne (*Ab.*, 212). Il distingue également le rôle de marchandise dû à l'utilité intrinsèque du métal que peut jouer en outre la monnaie. Celui-ci a déjà place dans le modèle.

Du rôle d'étalon, il n'y a rien à dire car il est en dehors du domaine de l'échange. Le problème est donc d'intégrer dans le schéma un nouvel élément, instrument de circulation et d'épargne, donc *de trouver l'utilité pour leurs détenteurs des quantités de monnaie utilisées en tant que telles.*

***

26) *Introduction de la monnaie dans le schéma de l'économie.* — L'économie avait pu être schématisée sans monnaie. Or, l'expérience montre que la plupart des économies sont monétaires. Il faut donc modifier le schéma, le compléter pour être plus près de la réalité.

Cette opération, qui est courante en matière d'hypothèses scientifiques, paraît néanmoins gêner WALRAS qui tente de la justifier en supposant un processus réel de « tâtonnements préliminaires en vue de l'établissement de l'équilibre de principe, au moyen de bons », suivi par la « phase statique de l'établissement effectif *ab ovo* de l'équilibre de la production sans changement des données du problème » (*Ab.*, 211).

(1) Nous mettons cette limite, car WALRAS ne va pas jusqu'à considérer comme monnaie toute marchandise présentant des caractères de liquidité, ou de facilité de conservation et de manutention.

Il est inutile d'envisager une réalisation pratique, d'ailleurs irréalisable correspondant à la mise au point d'une hypothèse scientifique. Il faut le dire, parce que tout le paragraphe incriminé obscurcit, en vue de ce tour de force, le schéma avec monnaie qui n'est pourtant que le « mécanisme de la circulation envisagée au point de vue statique, comme les mécanismes de l'échange de la production et de la capitalisation » (*Ab.*, 210).

Walras complète son schéma en partant d'une réflexion fort juste : « Dans une société en marche, un consommateur, propriétaire foncier, travailleur ou capitaliste, sait très approximativement à tout instant donné (1)... quelle encaisse il doit avoir pour rétablir les approvisionnements... acheter des produits... attendre des échéances » (*Ab.*, 210).

Il ne tire pas malheureusement la conclusion d'une réflexion si bien venue et si bien placée : à savoir que la monnaie présente en elle-même une utilité pour toutes les catégories d'individus énumérées. Cette utilité lui vient de ses qualités : liquidité, conservabilité, transportabilité.

Il n'était pourtant pas loin du but : il aurait retrouvé toutes les caractéristiques d'une richesse sociale en précisant que la monnaie présente, à un instant donné, une utilité et une quantité déterminées pour un individu donné, ce qui détermine sa valeur d'échange (2) par le même

(1) En même temps, Walras introduit les approvisionnements en nature dans le schéma. Mais il faut remarquer avec juste raison que ceci revient à changer les coefficients de fabrication. Il ne dit toutefois pas que cela augmente l'imperfection de la concurrence entre les fabricants. Nous n'insisterons pas plus que lui sur ce point secondaire.

(2) S'il s'agit d'un métal précieux, son utilité en tant que métal intervient également ainsi que son prix de revient. Ce dernier n'intervient pas pour la monnaie fiduciaire : il est remplacé par les conditions d'émission qui interviennent, comme la production, d'une manière potentielle. De même, l'utilité de la possession actuelle et l'utilité de l'espérance de la possession future de la monnaie peuvent s'échanger en déterminant le taux de revenu de la monnaie. Nous avons vu comment celui-ci était arbitré avec les taux de revenu des marchandises par les gens qui empruntaient pour acheter du capital-matière.

mécanisme de l'offre et de la demande que les autres richesses sociales.

L'introduction de cette nouvelle richesse ne change en rien le modèle simplifié.

En outre, ses propriétés permettent plus facilement la réalisation de l'arbitrage entre les échanges de deux marchandises, c'est-à-dire contribuent à l'établissement d'un meilleur régime de concurrence (*Ab.*, 112).

***

27) *La théorie quantitative.* — L'utilité et la quantité d'une richesse sociale étant données pour chacun de ses détenteurs, sa valeur d'échange est déterminée. Mais on ne sait pas quelle est cette détermination. On sait seulement qu'elle existe. Il faudrait, pour la calculer, connaître toutes les dispositions à l'enchère des individus.

Autrement dit, WALRAS a démontré que le modèle réduit existait, mais il n'en a pas calculé les dimensions.

C'était assez gênant pour la monnaie, car tous les économistes connaissaient la théorie quantitative, soit pour la soutenir, soit pour la combattre.

WALRAS s'est prononcé en faveur de la théorie quantitative, ce qui est assez curieux *a priori*, pour l'introducteur de l'utilité en économie. C'est peut-être pour cette raison qu'il n'a pas osé énoncer les conséquences immédiates de son analyse profonde de l'utilité de la monnaie pour chaque individu.

En tout cas, il démontre que la quantité totale de la monnaie est inversement proportionnelle à la valeur d'échange. Il néglige donc la répartition de la monnaie entre les individus et la manière dont l'utilité de la monnaie varie *pour chaque individu*.

L'utilité, n'étant définie que pour un seul individu, ne se prête pas à une loi d'ensemble et c'est pourquoi

Walras a cherché à l'éliminer. Il eût pu l'avouer franchement ; alors, l'analyse si profonde des qualités des richesses sociales qu'il avait faite précédemment, eût donc montré à Walras, s'il s'en était souvenu, les limites d'applications de la formule quantitative.

***

28) *L'équilibre des changes.* — L'introduction de la monnaie dans le schéma économique a, comme inconvénient, d'en restreindre la validité au territoire où la monnaie est en vigueur.

Cependant, le monde constituait à l'époque de Walras un ensemble économique où la concurrence était relativement assurée malgré l'existence de monnaies différentes. Il fallait donc remédier à l'inconvénient signalé en jetant entre les différents systèmes monétaires un pont qui permît la détermination unique d'une valeur d'échange de toutes les richesses sociales, valable dans tous les pays : c'est l'objet de la théorie des changes.

Cette théorie a ses lettres de noblesse en matière d'équilibre économique qui fut évoqué par Hume à son propos dès le XVIII^e siècle.

Mais il s'agit d'un équilibre fort différent. On en connaît la teneur sous sa forme actuelle : oscillation entre les gold-points, transport d'or aux gold-points, changes erratiques quand la réserve de métal est épuisée.

En fait, le schéma de Walras ne devrait pas connaître de gold-points, c'est encore une chose curieuse qu'il ne l'ait pas remarqué lui-même.

En effet, la concurrence parfaite suppose nuls les frais de transports dans le domaine où elle est réalisée. Walras, là encore, n'a soufflé mot de la question, par son analyse insuffisante des conditions de la concurrence : celles-ci, nous l'avons vu, comprennent pour l'échangeur la possi-

bilité de se substituer à toute autre immédiatement et sans frais.

C'est aux frais des transports d'or qu'est due l'existence d'un intervalle déjà « erratique » entre les gold-points. Toute la théorie du change est donc, en fait, un morceau de l'économie à concurrence imparfaite, hors du modèle walrassien.

E) Vue d'ensemble sur l'économie statique

29) Nous avons fini l'étude de l'équilibre instantané de WALRAS. Nous avons dû, pour cela, refaire une liaison qui était mal faite : celle de la capitalisation.

Il reste maintenant à préciser la nature et la portée de cet équilibre.

Il s'agit d'une schématisation de la vie économique telle que la valeur d'échange de chaque richesse sociale soit exactement déterminée à un instant donné.

Cette schématisation comporte pour les échanges une information instantanée et parfaite, et une possibilité matérielle pour les échangeurs, par ailleurs soucieux au maximum de leur intérêt et capables de l'apprécier, de se substituer sans frais et instantanément les uns aux autres ; elle implique une production instantanée et la possibilité pour les producteurs de réaliser sans frais, les mêmes perfectionnements techniques que leurs concurrents. Elle ne tolère aucun engagement à temps pour les fournisseurs de services.

Enfin, nous l'avons vu, cette concurrence doit être estimée durable.

L'instant considéré doit avoir une certaine « épaisseur de temps » pour que les services qui y sont fournis soient de la même dimension que des marchandises, mais non pas trop, pour que l'utilité, notion instantanée, puisse ne pas perdre toute signification et pour que la production et

la consommation ne changent pas sensiblement la quantité de richesses sociales existantes.

Dans ce cas, alors, une valeur d'échange est déterminée, rigoureusement pour chaque richesse sociale dans tout l'ensemble considéré, pour chacune des valeurs données de la quantité et de l'utilité pour chaque individu des marchandises ou des possibilités de services détenues par lui.

Cette homogénéisation de la valeur d'échange dans tout l'ensemble se fait par l'échange de marchandises, de services ou d'espérances de marchandises entre eux, et par *l'existence* (mais non le débit) de la production.

IV. — L'ÉQUILIBRE DYNAMIQUE

A) Le problème des déterminations successives

30) *Les problèmes.* — L'équilibre dynamique est simplement l'étude d'équilibres différents dans le temps.

Cette étude comporte deux problèmes complètement différents, ou plus exactement trois, dont les deux premiers sont relatifs et le dernier absolu.

Pour comprendre la signification de ces termes, il suffit de se rappeler que l'équilibre de WALRAS n'est autre que la détermination de la valeur d'échange à partir de données qui sont la quantité et l'utilité des richesses sociales en un instant donné.

Si ces caractéristiques des richesses sociales varient, on peut se demander si l'équilibre existe toujours, c'est-à-dire si la valeur d'échange des richesses est toujours déterminée. Si oui, comment cette valeur varie-t-elle ? Tels sont les problèmes relatifs qui ont trait aux variations de la valeur d'échange en fonction des données.

Mais ces données elles-mêmes, en pratique, comment varient-elles effectivement dans notre civilisation, entraî-

nant par le truchement des relations précédentes les variations des valeurs d'échange ? C'est le problème absolu.

31) *La tendance à l'équilibre.* — Le premier problème a été seulement évoqué par WALRAS qui se contente de dire que « l'équilibre est variable ou mobile, c'est-à-dire qu'il se rétablit lui-même dès qu'il est troublé » (*Ab.*, 210), et fait allusion à l'aspect « dynamique de trouble continuel de l'équilibre par des changements de ces données et de rétablissement continuel de l'équilibre ainsi troublé » (*Ab.*, 211).

De ces deux citations on peut déduire que, en supposant que la concurrence parfaite ait pu s'établir dans un système, l'équilibre sera détruit par une variation rapide des données.

Seulement là encore, l'influence de la variation des données aura une conséquence pratique du même ordre que la concurrence imparfaite. Et nous avons vu que les conditions de la concurrence parfaite, notamment en matière de production étaient très loin d'être réalisées.

Il faudrait donc en faire une étude approfondie des conséquences de la concurrence imparfaite pour apprécier la mesure du trouble apporté par les variations des données. C'est de la même manière que l'étude de la conductibilité thermique, qui exclut l'équilibre thermique, permet seule de voir les conditions dans lesquelles cet équilibre est le moins troublé.

En outre, WALRAS affirme qu'en l'état de concurrence parfaite, l'équilibre tend à se rétablir de lui-même, s'il était rompu. Sa démonstration n'est pas rigoureuse, puisqu'elle ne s'applique pas à une véritable rupture (1), mais à une mauvaise détermination. Il donne toutefois une description poétique du marché permanent « comme d'un

1) Voir ci-dessus, § 11.

lac agité par le vent et où l'eau cherche toujours son équilibre sans jamais l'atteindre » et il traite du même coup des crises en disant seulement d'elles que ce sont des « troubles généraux et subits de l'équilibre » de même que le lac est profondément troublé « par l'orage » (*Ab.*, 242). Mais cette image ne précise pas la nature du déséquilibre des crises.

Mais WALRAS ne nous éclaire pas sur la nature, ni les obstacles que peut rencontrer cette tendance à l'équilibre.

On peut néanmoins admettre cette tendance de la satisfaction à être maximum que nous avons comparée, pour image seulement, à la tendance de l'entropie à être maximum.

32) *Les variations de l'équilibre.* — Admettons donc que les variations des données n'altèrent pas la détermination de la valeur d'échange, supposée par ailleurs rendue possible par un régime de concurrence parfaite. On se rappelle que WALRAS avait énoncé des lois de variations de l'équilibre en fonction de variations des quantités et des utilités. Il suffit d'appliquer ces lois, mais en précisant ce que sont les variations de quantités et d'utilités dans le temps.

Nous avons en effet défini l'instantanéité relative de notre schéma de l'économie en disant que les quantités produites ou consommées devaient être sans influence pendant l'épaisseur de temps du modèle et nous avons vu que WALRAS n'avait pas bien dégagé cette condition de son modèle en prenant par exemple l'épargne comme cause de détermination instantanée.

Le moment est venu de réintroduire ces phénomènes qui changent les données de l'économie quand on considère les variations d'une certaine durée.

Trois phénomènes élémentaires sont à la base de la variation des quantités : les services existants, la fabri-

cation, c'est-à-dire la transformation des services (et de certaines marchandises) en marchandises et la consommation.

Les services existants sont fonction du capital qui les produit et des conditions dans lesquelles ce capital les produit : ainsi les services qu'apporte la terre dépendent des quantités de terre cultivée et des conditions atmosphériques.

La fabrication est sous la dépendance du progrès technique.

La consommation résulte d'un partage de la production en production de marchandises consommables et production de capitaux neufs. Il faut y ajouter l'amortissement et l'assurance des capitaux.

Parmi toutes ces données sujettes à des variations à long terme, WALRAS remarque fort justement qu'il n'en est qu'une qui ne soit pas déterminée par des considérations étrangères à l'économie : le partage de la production entre capitaux neufs et produits de consommation.

Nous avons vu qu'il lui donne un rôle dans l'équilibre instantané, ce qui est tout à fait criticable puisque c'est un phénomène qui demande du temps pour produire un effet.

Malgré cette grave contradiction avec lui-même, il faut louer WALRAS d'avoir vu qu'il y avait là une liaison, c'est-à-dire d'avoir établi que ce partage de la production entre capitaux neufs et consommation était en relation avec la capitalisation, c'est-à-dire le rapport de la valeur d'échange d'un service à celle du capital qui la produit.

Elle ne peut en être la cause, quoi qu'en pense WALRAS, elle en est peut-être la conséquence, mais tout le monde ne s'accorde pas pour trouver par quel truchement. Il y a donc encore une indétermination dans les variations de l'équilibre (1).

(1) C'est à lever cette indétermination par l'introduction d'une liaison supplémentaire que s'efforce KEYNES en introduisant le « multiplicateur ».

Mais à côté de ces variations de quantités, il y a les variations de l'utilité et WALRAS n'en parle pas.

Il aurait dû se rappeler que son équilibre momentané avait comme élément l'utilité et qu'il avait énoncé des lois de variations de la valeur d'échange en fonction de l'utilité des richesses sociales, aussi bien qu'en fonction de leur quantité.

Seulement l'utilité est une grandeur momentanée. L'on n'a aucun moyen de comparer deux utilités à des époques nettement différentes. Le concept de variation d'utilité n'est pas un « concept opérationnel » au sens du philosophe américain BRIDGMAN. Nous dirons en français qu'on ne sait pas ce que c'est que la variation de l'utilité dans le temps parce que l'on n'a aucune idée de la manière, même théorique, dont on pourrait l'apprécier.

Et il est fort à craindre que cette objection soit dirimante, c'est-à-dire que toute dynamique soit interdite à WALRAS, et qu'il lui soit à jamais défendu d' « animer » son schéma.

WALRAS a basé son approximation de la réalité sur la considération de deux grandeurs : la quantité de richesses sociales et leur utilité pour un même individu : cette dernière était une abstraction qui n'a de valeur rigoureuse qu'à un moment donné, et de valeur approximative qu'en un court espace de temps. Dès ce moment, tout le schéma de WALRAS était condamné à n'avoir de valeur qu'en un instant, ou au plus au jour le jour.

B) L'évolution de l'équilibre

33) Il reste à voir comment les données de l'équilibre, quantités et utilités varient naturellement, entraînant la valeur d'échange.

Nous venons de voir que la variation des utilités était une locution sans signification réelle, ce qui détruit tout

espoir de retrouver une loi de l'évolution économique grâce au schéma de WALRAS.

Mais il y avait déjà à l'époque plusieurs lois de l'évolution : lois du progrès économique, lois de MALTHUS, lois des prix, et WALRAS dans un cours était bien forcé d'en parler.

WALRAS analyse parfaitement le progrès qui améliore les conditions de fabrication et surtout précise que « le progrès ne saurait consister en autre chose que dans la diminution des raretés ou des intensités des derniers besoins satisfaits des produits chez une population croissante » (*Ab.*, 244), mais il ne voit pas que cette fine analyse lui interdit d'apprécier le progrès.

Comment comparer des besoins d'industries différentes à des époques différentes ?

La variation de la rareté infirme de même tous les développements par lesquels WALRAS se croit obligé de retrouver les lois de variation des prix énoncées par l'école anglaise (*Ab.*, 251-252-253).

Ces essais infructueux pour « animer » son schéma occupent d'ailleurs une place limitée dans l'œuvre de WALRAS et participent plus de son travail pédagogique que de son apport scientifique.

V. — CONCLUSIONS

34) WALRAS a apporté à l'économie la notion d'équilibre de détermination. On n'a pas en général assez apprécié l'importance de cet apport, que l'on peut résumer ainsi : étant donné une grandeur, « le rapport d'échange », qui n'a strictement de sens que dans un acte bien particulier, quelles sont les conditions nécessaires à la généralisation de cette grandeur dans toute l'économie ?

Ce sont de telles simplifications qui aident l'esprit humain à comprendre le monde extérieur, et lui permettent d'en établir des mesures approximatives.

Cet apport est définitif dans l'Économie. Malheureusement, il faut le défendre contre Walras lui-même.

Il faut d'abord le défendre contre la mauvaise logique de Walras qui revendique pour lui le monopole de la science pure, alors qu'il n'en est qu'un premier pas : l'étude de l'économie dans l'hypothèse de l'équilibre ; cette prétention interdit l'examen plus approfondi de la réalité où la valeur d'échange n'est pas déterminée, ce qui permettrait de situer complètement l'équilibre walrassien dans la science économique.

Il faut le défendre aussi contre la prétention de Walras d'en faire un mécanisme mathématique, alors qu'il est l'étude approchée d'un phénomène social, ce qui indispose également mathématiciens et économistes.

Il faut le défendre contre l'imprécision de Walras qui n'analyse pas parfaitement la concurrence parfaite, base de tout son système, et ne donne pas toujours à celle-ci dans ses énoncés la place de donnée ou d'hypothèse qui lui revient.

Il faut le défendre contre les abandons de Walras qui sans raison aucune va chercher dans une évolution les éléments instantanés de l'équilibre du taux de revenu.

Il faut le défendre contre toutes les adjonctions des théories alors en vedette que Walras s'est cru forcé d'inclure dans un cours : théorie quantitative de la monnaie, théorie de la variation des prix.

Alors ainsi épuré, cet équilibre forme un tout cohérent, valable pour un instant très court et qui peut servir de base à tous les développements de la théorie économique momentanée.

Mais si l'on veut « animer » le schéma, lui donner une valeur dans le temps, il en faut renforcer un des deux pieds, qui est d'argile : la notion d'utilité. Il faut compléter celle-ci ou lui substituer une autre grandeur fondamentale que le temps n'altère pas.

Chapitre II

LA NOTION D'ÉQUILIBRE CHEZ VILFREDO PARETO

I. — LES ÉLÉMENTS D'UNE VUE SCHÉMATIQUE INSTANTANÉE DE L'ÉCONOMIE

A) Le principe de la schématisation

1) *Successeur de Léon Walras* dans la chaire d'Économie Politique et Sociale de l'Université de Lausanne, Vilfredo Pareto a repris dans son enseignement (1) les trois apports principaux de son prédécesseur à la science économique : la méthode mathématique, la considération de l'utilité comme une des causes de la valeur et la notion de l'équilibre.

Mais il ne s'est pas contenté de reprendre la théorie de Walras. Il l'a présentée d'une manière toute personnelle et a particulièrement insisté sur son rapport avec la réalité, de telle sorte qu'il a souvent l'air d'avoir fait œuvre originale.

C'est dans la notion qn'il se fait de l'équilibre qu'il est à la fois le plus loin et le plus près de Walras. Il est éloigné de son maître en ce sens qu'il aborde le problème d'une

(1) En fait ce n'est pas à son cours, professé dès 1896 que se rapportent les citations faites dans ce chapitre, mais au *Manuel d'Économie politique*, 2e édit. de la traduction française chez Giard, qui est postérieure. Pareto, mort en 1923, a eu le temps de mettre au point sa théorie qui est donc étudiée dans son dernier état. Les citations seront simplement indiquées par le numéro du chapitre, en chiffre romain et celui du paragraphe en chiffre arabe. Exemple : (III, 19).

manière tout à fait opposée et semble s'attacher à une absence de mouvement différente de celle de Walras. Il en est très près parce qu'il finit dans quelques pages rares, mais les plus importantes à ce sujet (III, 196 à 228), par abandonner son mode d'exposition qui n'est pas susceptible de généralisation et remplacer discrètement, mais incontestablement, son schéma inutilisable par celui de Walras. Il n'y a donc pas comme on l'a dit un équilibre « walrasso-parétien ». Il n'y a qu'un modèle walrassien de l'équilibre dont Walras n'a pas explicité toute la portée, ayant été attiré par la notion mécanique de l'équilibre qu'il a en fait largement dépassé pour arriver à la notion plus complète et plus riche d'équilibre de détermination. Pareto n'a pas su voir le fond de l'équilibre de Walras et n'a retenu que la forme. C'est pourquoi il a eu une notion étriquée, mécanique, de l'équilibre, pour laquelle il a construit toute une imagerie cocasse, apparentée à la topographie et qu'il lui a fallu abandonner quand il a abordé le problème de l'équilibre dans toute son ampleur.

2) *La logique de Pareto.* — A la suite de Walras, Pareto étudie spécialement l'équilibre, et plus spécialement l'équilibre instantané, de telle sorte que son étude de la science économique constitue précisément l'étude de l'équilibre, et non l'étude de tous les phénomènes économiques. Mais Pareto, et c'est sa seule initiative par rapport à Walras, s'est beaucoup mieux rendu compte de la limitation qu'il apportait au champ de ses recherches et a souvent précisé avec beaucoup de bonheur la place de son étude élémentaire de l'économie par rapport à une étude plus poussée.

Pareto possède en effet une logique beaucoup plus serrée que celle de Walras. Il place exactement la science économique parmi les sciences sociales et celles-ci parmi l'ensemble des sciences. Il a profité non seulement de la

pensée scientifique qu'avait négligée WALRAS, mais aussi des progrès de celle-ci depuis 1870, et connaît les travaux récents sur la méthode et les limites des sciences, notamment ceux d'Henri POINCARÉ.

Aussi le premier chapitre du *Manuel* est-il une introduction méthodologique tout à fait orthodoxe, qu'il n'est pas inutile de résumer très brièvement pour montrer comment PARETO situait, et situait bien, la place de l'équilibre économique dans l'économie.

La science est l'étude des uniformités ou lois, et la science des actions humaines doit rechercher les uniformités de ces actions ; l'économie doit donc rechercher les uniformités économiques, c'est-à-dire des lois économiques (1, 4). Ce mot ne doit d'ailleurs pas évoquer des formules mathématiques (bien que l'œuvre de PARETO, précisément, puisse prêter à cette confusion) ; la seule description historique ou monographique d'un phénomène économique est nécessairement une schématisation. Elle suppose en effet que l'on néglige certains détails, donc que l'on sait que ceux-ci n'ont pas de valeur par rapport à une certaine uniformité (1). Autrement dit, distinguer l'important du secondaire est déjà une induction. Les historiens et les auteurs de monographie prennent des lois sociales comme base de leurs travaux, même s'ils s'en défendent (1, 6). D'ailleurs la conformation de notre esprit et la faiblesse de nos méthodes d'observation ne nous permettent pas de considérer les phénomènes dans leur ensemble : nous sommes obligés d'en étudier d'abord certains aspects fragmentaires. Au lieu de lois générales qui nous restent ainsi inconnues dans leur complexité

(1) PARETO donne l'excellent exemple des semailles (malgré qu'il ne s'agisse point d'un fait social) : l'important est, par exemple, que l'on sème après avoir labouré et non avant. Le secondaire est que le semeur a les cheveux rouges ou noirs. La simple description, qui mentionne le premier fait et néglige le second, apprécie ce qui est constant et ce qui ne l'est pas.

apparente, nous dégageons des lois partielles qui nous paraissent plus simples et dont les effets se croisent ou se superposent.

Toute étude scientifique doit donc détacher certains phénomènes de l'ensemble étudié, c'est-à-dire poser *a priori* certaines conditions dans lesquelles une théorie sera bâtie. Il n'y a d'autre critère pour choisir ces conditions que la simplicité de leur résultat et l'accord de ceux-ci avec les faits (I, 11).

Les théories n'ont donc aucune valeur en elles-mêmes si ce n'est leur simplicité ou leur élégance ; mais une suite de théories successives permet de s'approcher de plus en plus de la réalité par des approximations successives (I, 15) (1).

Par ces considérations, PARETO précise la valeur et le domaine d'application de la construction théorique qu'il se propose d'édifier : il va, par un certain nombre d'hypothèses, remplacer la réalité jusqu'à ce qu'il trouve des lois très simples. Le schéma ainsi constitué est en quelque sorte un modèle simplifié des activités économiques. Après quoi il restera à étudier celles-ci d'une manière plus approchée en partant du modèle simplifié, c'est-à-dire à trouver des lois dans les différences entre le modèle et la réalité. Cette seconde approche de la réalité fera l'objet d'une théorie complémentaire de la part d'autres savants quand l'étude élémentaire proposée par PARETO sera admise par tous et quand on disposera d'éléments d'observation plus nombreux. Il y aura ainsi une seconde, une troisième, etc... théories, toutes de même nature (2) et se perfectionnant successivement.

(1) Dans le courant du *Manuel* (IV, 31), PARETO oppose mécanique céleste et économie. Il fait erreur en ce qui concerne la mécanique céleste dans laquelle l'approximation est de même nature que dans les autres sciences. Il n'y a qu'une différence de degré. Mais cela n'affecte en rien sa conception tout à fait correcte de la théorie économique.

(2) PARETO n'a pas entièrement saisi l'identité du travail de la pensée dans les théories successives. Il garde de WALRAS la mauvaise appellation d' « éco-

3) *La place de l'économie parmi les sciences.* — Pour savoir quelles abstractions il doit faire et quelles schématisations effectuer, PARETO replace l'économie dans son groupe scientifique qui est celui des sciences sociales, à une vaste étude desquelles il consacre le long chapitre II de son *Manuel*. Cette excellente innovation par rapport à WALRAS, dont l'étude présente en cette matière son point le plus faible, donne grand espoir au lecteur : toute étude économique doit avoir sa base dans la sociologie dont elle fait partie. Malheureusement, ce chapitre II est comme plaqué devant le cours, et PARETO ne tire que deux conclusions pratiques de son étude sociologique préliminaire ; et toutes deux l'amèneront à des erreurs regrettables.

Il distingue d'abord les phénomènes en objectifs et subjectifs, ce qui est excellent ; mais, à trop considérer ces derniers, il tombe dans l'erreur de l'école de FECHNER et mesure des phénomènes subjectifs, ou tout au moins les traite comme s'ils étaient mesurables.

En second lieu, il distingue l'action des hommes en action logique et en action non logique. Cette conclusion, juste en elle-même, l'amène à donner une mauvaise définition de l'économie : « Nous étudierons les actions logiques, répétées, en grand nombre, qu'exécutent les hommes pour se procurer les choses qui satisfont leur goût (III, 1)... C'est l'étude de ces actions qui formera l'objet de l'étude de l'économie politique » (III, 2). Cette affirmation n'est pas acceptable tant pour des raisons théoriques que des raisons pratiques. Si chaque savant peut schématiser le domaine qu'il étudie à sa guise, il ne dépend pas de lui de déterminer ce domaine ; celui-ci est délimité par des critères objectifs qui respectent certaines conditions et

nomie pure » pour la première approximation et d'économie appliquée pour les autres. Il conserve l'argument de son prédécesseur fondé sur la comparaison mécanique (III, 4). Mais cette confusion reste verbale : il garde les termes équivoques de WALRAS mais n'en tire aucune conséquence erronée.

qui sont universellement admis. A l'économie revient sans restriction l'étude des richesses sociales, c'est-à-dire des « choses qui satisfont le goût ». SMITH et WALRAS l'avaient admis sans complication. PARETO eût dû faire de même.

Cela lui aurait évité de donner un critère difficile à appliquer en pratique. Pour savoir si une action est logique, il faut connaître les circonstances dans lesquelles elle a été préparée : l'économiste serait bientôt perdu dans une complexité terrible. Certains échanges, en outre, ne sont pas très nombreux dans leur genre. Faut-il les chasser de l'économie ? La limitation de PARETO n'est donc pas acceptable : qu'il le veuille ou non, l'économie est l'étude des richesses sociales.

4) *L'échange, centre du schéma.* — Mais à l'intérieur de l'économie dont la définition ne dépend pas de lui, PARETO peut construire son schéma. Autrement dit, nous ne lui faisons pas grief d'avoir « simplifié énormément le problème en ne considérant qu'une partie des actions de l'homme et en leur assignant certains caractères » (III, 2) mais seulement d'avoir prétendu ainsi poser le problème alors qu'il ne faisait que simplifier de son propre aveu un problème que d'autres avaient posé.

Ce n'est d'ailleurs pas la seule simplification. D'autres ne sont pas annoncées aussi clairement. Le premier caractère de son modèle est donc d'étudier des « actions des hommes pour se procurer des choses qui satisfont leurs goûts ». En fait, ces actions se ramènent à l'échange et à la production, et même uniquement à l'échange car, comme nous le verrons, la production n'est étudiée par PARETO qu'en fonction de l'échange et cet auteur néglige les actes de violence, les dons et même la fabrication par le consommateur. Pour bien voir comment PARETO simplifie la réalité, il faut donc voir quel schéma il a adopté d'une part

de ceux qui participent aux échanges et d'autre part des conditions de ces échanges.

B) La schématisation des données de l'expérience

5) *Le consommateur et l'utilité des richesses.* — Les richesses qui satisfont les goûts ne sont autres que les richesses sociales. Mais cette appellation marque la voie dans laquelle va s'engager PARETO : il va insister sur le côté « goût », c'est-à-dire sur le côté subjectif des richesses sociales. Comme WALRAS, il bâtit sa théorie sur les quantités et l'utilité des richesses, mais divise l'utilité en goût des hommes (auxquels il consacre un chapitre et demi) et rareté dont il fait rapidement justice en la classant dans les obstacles (III, 69).

PARETO ne définit pas autrement les goûts, expression empruntée au langage courant, mais précise qu'il faut trouver le moyen de les soumettre au calcul (III, 29). A cet effet, il emprunte tout simplement à WALRAS l'utilité telle que celui-ci l'avait heureusement dégagée des confusions courantes, et la baptise « ophélimité » (1).

A vrai dire, il y a une différence entre les goûts et l'utilité. En ramenant ceux-là à celle-ci, « nous substituons, comme cause des actions de l'individu, à la sensation de la consommation actuelle la sensation actuelle de la consommation future des biens qui sont à sa disposition ». Par là, le phénomène concret diverge un peu du phénomène théorique (IV, 4). C'est l'aveu du pas de clerc que fait PARETO en n'acceptant pas purement et simplement la notion d'utilité. Puisque celle-ci est la seule qui intervienne jamais dans les phénomènes économiques, pourquoi parler de goût ?

(1) Nous ne garderons pas les appellations de PARETO quand elles sont exactement équivalentes à celles admises couramment. Il est inutile d'obscurcir les comparaisons entre auteurs par des termes différents. Pour tout ce qui est relatif à l'utilité, nous emprunterons dans ce travail la terminologie de WALRAS.

C'est parce que PARETO veut absolument en économie « étudier la relation entre les faits objectifs et les faits subjectifs qui sont principalement le goût des hommes » (III, 1). C'est là l'influence pernicieuse des principes de l'école de FECHNER, complètement abandonnée aujourd'hui, qui prétend mesurer les faits subjectifs, c'est-à-dire les sensations. En un mot PARETO considère l'utilité comme une sensation et c'est comme une sensation qu'il veut la mesurer. Son étude préliminaire sociologique a eu comme conséquence de lui faire abandonner les faits concrets comme base de toute science.

Cependant, il se pose avec beaucoup de justesse « à la suite d'Irving FISCHER » la question de savoir « si l'utilité est une quantité et, dans l'affirmative, comment on peut faire pour la mesurer » (III, 35), sans remarquer que ces deux interrogations ne font qu'une, car c'est exactement dans la mesure où l'on peut mesurer un phénomène que celui-ci peut être appelé grandeur.

Il touche encore plus à la vérité, en n'acceptant que des « données qui ne reposent que sur un fait d'expérience » (III, 36 *bis*).

Malheureusement, cette profession de foi scientifique orthodoxe est un coup de chapeau donné à l'expérience qui lui permet d'affirmer que « la théorie de la science économique déduit ses résultats de l'expérience sans faire intervenir aucune entité métaphysique » (III, 36 *bis*) au moment précis où il abandonne bel et bien l'expérience pour n'y plus jamais penser et retourner à ses premières amours : les sensations.

Ce fait d'expérience est en effet la détermination des quantités de biens qui constituent des combinaisons indifférentes pour l'individu : c'est le choix.

Mais seul le choix effectif est une donnée de l'expérience. Seul l'individu, mis en demeure, choisit réellement dans un cas concret. Seul l'échange est le fait d'expérience.

L'affirmation de PARETO devrait le faire éloigner de tout ce qui n'est pas échange.

Rien ne prouve, comme l'a fait justement remarquer M. NOGARO (1) qu'il y ait une échelle préétablie des utilités. L'expérience montre seulement que dans un cas concret l'individu a des dispositions détaillées à l'enchère.

Aussi n'est-il pas permis à PARETO de se recommander de l'expérience pour construire ses graphiques d'indifférence ou « colline des plaisirs ». Ceux-ci sont basés en effet sur l'hypothèse qu'à un moment donné, abstraction faite de toute contingence, un individu puisse comparer les sensations différentes d'utilité que, le cas échéant, lui procureraient n'importe quelles combinaisons de deux marchandises différentes, par exemple de blé et de pain (2). Sur deux axes de coordonnées rectangulaires, PARETO porte les quantités de blé et de pain. Chaque point de l'espace représentera donc à la fois une quantité de blé, par son abcisse et une quantité de pain par son ordonnée. En chaque point, PARETO considère alors l'*utilité de l'ensemble du pain et du blé* pour l'individu au cas où il possèderait précisément ces deux quantités de marchandises.

Les lignes d'indifférence sont obtenues en joignant les points qui correspondent à une même utilité. Non seulement elles représentent des combinaisons indifférentes pour l'individu, mais elles forment dans tout l'espace une échelle pour mesurer la plus ou moins grande utilité de deux combinaisons de marchandises. Dans la colline des plaisirs la latitude et la longitude déterminent donc la composition d'un patrimoine ; l'altitude, l'utilité du patri-

(1) NOGARO, *Le Développement de la pensée économique*, 1944, p. 229.

(2) PARETO croit cependant ne se baser que sur l'expérience, car il fait une erreur de logique. L'expérience, en effet, lui donne à la rigueur le droit de chercher quelles sont les combinaisons indifférentes pour un individu et d'obtenir l'équation $f_1(x, y) = 0$ (appendice, 2) mais elle ne lui permet pas de passer de $f_1(x, y) = 0$ à l'équation générale $f(x, y) = 0$ en partant d'une autre combinaison.

moine pour l'individu. Alors, dit PARETO, « l'individu peut disparaître » pourvu qu'il nous laisse cette photographie de ses « goûts » (III, 57).

Cependant, il précise même fort justement « comme dans toutes les sciences concrètes (1) dans lesquelles on substitue approximativement un phénomène à un autre, la théorie ne doit pas être étendue au delà des limites pour lesquelles elle a été construite » (IV, 25). Quelles sont donc ces limites ?

D'abord les goûts se réfèrent à chacun des individus (III, 25). Cela peut paraître évident, mais sera perdu de vue plus loin. « L'utilité pour un individu et l'utilité pour un autre individu sont des quantités hétérogènes. On ne peut ni les sommer ni les comparer. « No bridge. » Une somme d'utilité dont jouiraient des individus différents n'existe pas : c'est une expression qui n'a aucun sens » (IV, 32). Ensuite, et surtout, le choix est une opération instantanée : à supposer qu'il soit valable, le graphique est valable pour un instant déterminé. PARETO se contente de dire qu'un individu n'est pas parfaitement semblable à lui-même du jour au lendemain (IV, 26). En outre « lorsque les conditions changent, les goûts des hommes changent aussi ». La colline des plaisirs est bien une photographie des goûts, et elle a la valeur d'une photographie : elle reproduit les traits à l'instant précis de la pose. Certes, des similitudes existent entre des clichés pris à des temps différents, mais ce ne sont pas les mêmes.

Il y a plus qu'une imprécision : il y a une impossibilité de concevoir la comparaison de deux utilités à des temps différents ; le même individu à deux époques différentes doit être considéré comme deux individus différents et les utilités pour chacun d'eux sont essentiellement hétérogènes.

(1) « Concrètes » est de trop.

Tout ceci provenait de la considération de l'*individu*. Or, le graphique représente l'état d'esprit d'un individu vis-à-vis de deux marchandises. La considération de la *marchandise* apporte deux restrictions relatives à la dépendance de l'utilité de deux marchandises :

« 1° Celle qui naît de ce que le plaisir d'une consommation est en relation avec le plaisir d'autres consommations ;

« 2° Celle qui se manifeste en ce que l'on peut substituer une chose à une autre pour produire chez un individu des sensations sinon identiques, du moins approximativement égales » (IV, 8).

La schématisation qui néglige ces deux caractères n'appelle pas de remarques spéciales. En résumé, les « goûts qu'ont les hommes pour les choses » apparaissent à l'économiste à l'occasion de choix et plus généralement de dispositions à l'enchère, qui sont des phénomènes objectifs qu'on ne peut séparer ni des individus qui les ont eues, ni de l'époque ou des autres conditions de fait dans lesquelles elles se sont manifestée.

A ces données concrètes, PARETO substitue une échelle des sensations d'utilité relative causées par deux marchandises différentes à un même individu, indépendamment des circonstances dans lesquelles l'option entre les deux choses devra être faite : c'est le graphique des sensations éventuelles de l'utilité comparée de deux marchandises.

***

6) *Le producteur et les coefficients de production.* — Par production, PARETO entend d'une manière très large la transformation matérielle, la transformation dans l'espace et la transformation dans le temps (III, 72). Mais ce n'est que la première de ces opérations qu'il schématise en première analyse.

Il s'agit de la transformation d'une marchandise en

une autre. La production est entièrement déterminée quand on connaît les quantités de marchandises-produits « que l'on obtiendrait » avec des quantités déterminées de matières premières (III, 75), autrement dit, les coefficients de fabrication qui peuvent être variables avec la quantité de produits.

Cette schématisation est représentée graphiquement par *une* courbe dans un système de coordonnées sur lesquelles sont portées, en abcisse, la marchandise-matière première et en ordonnée la marchandise-produit. De même que le consommateur pouvait disparaître quand on avait la photographie de ses goûts, le producteur peut disparaître quand on a la photographie de son rendement. Mais cette dernière comprend une seule courbe alors qu'il fallait une série entière de courbes pour représenter les goûts. Sauf sur ce dernier point, où il est plus large, un tel schéma est beaucoup plus strict que celui du producteur de Walras. Il convient de voir par quelle approximation du réel il est obtenu.

La simplification la plus grande est qu'il néglige tous les éléments de la fabrication autre que la matière première principale, en particulier les services. Aussi Pareto est-il forcé de prendre des exemples tout à fait particuliers comme la transformation de vin en vinaigre (VI, 1) ; et quand il parle de la transformation de blé en pain, il néglige les services du meunier et du moulin.

Certes, au chapitre V, Pareto esquisse une analyse beaucoup plus détaillée de l'entreprise et traite des services et des capitaux. Mais ces détails supplémentaires ne peuvent prendre place dans son schéma qui ne peut être généralisé ou adapté pour les recevoir. C'est une description de la réalité « plaquée » après sa théorie de l'équilibre, qui n'en est pas affectée. Elle peut seulement préciser les conditions dans lesquelles les coefficients de transformation, ou en langage vulgaire le rendement, dépendent d'autre chose que de la quantité transformée.

***

Le schéma du producteur rend compte de son rendement de fabrication. Or, ce qui intéresse PARETO, c'est les dispositions de ce producteur sur un marché, analogue aux dispositions à l'enchère sur un marché. A vrai dire l'exposition de notre auteur est ici obscure (1), mais bien qu'il ne l'explique pas, sa façon de bâtir le schéma du producteur est incontestablement la suivante.

L'échange est intimement lié avec la production.

Alors que le consommateur était considéré comme un individu qui augmentait la quantité de marchandises à sa disposition, le producteur est un être schématique qui opère les deux opérations jumelées suivantes : échanger une quantité déterminée de marchandises contre une quantité déterminée de matières premières et produire cette quantité de marchandises à partir d'une autre quantité de marchandises matières premières. L'une ne doit pas être dissociée de l'autre (2). Telle est la production théorique de PARETO. Elle se solde pour le producteur par une différence due au fait que la transformation externe (l'échange) n'a pas le même rendement que la transformation interne (la production) : cette différence est appelée résidu ; elle est le gain ou la perte exprimée en matières premières de l'ensemble des deux opérations, qui portent par définition sur la même quantité de *produits* transformés. Si l'on

(1) Dans le paragraphe (III, 75) PARETO décrit la production d'une matière tellement ambiguë, notamment en parlant tout à fait accidentellement des points principaux (résidus, etc.), que l'on se demande ce qu'il veut cacher. En réalité, il veut arriver d'emblée à la notion de colline des obstacles. Mais il construit la ligne de rendement de la production et sans expliquer pourquoi, déclare brusquement que sur elle la transformation ne laisse pas de « résidus ». Cette concision extrême (III, 75, ligne 12) lui permet d'éviter de dire qu'il considère toujours un échange et la production jumelée de la quantité échangée, le résidu étant la différence de deux opérations.

(2) Plus loin, dans l'étude de l'équilibre général (III, 208) PARETO oubliera que son schéma ne se conçoit qu'avec les deux opérations jumelées, et fera de ce jumelage une condition de l'équilibre : la condition E (III, 206).

considère maintenant de nouveau le graphique *mais en lui donnant comme signification* que, à tout point correspond une double opération : échange externe des deux quantités de marchandises représentées par l'abcisse et l'ordonnée de ce point, augmenté de la *production de la quantité de marchandises-produits échangée ;* on voit que l'opération se soldera par un gain ou une perte mesuré par la distance du point à la courbe de rendement, distance comptée parallèlement à l'axe des matières premières.

Le point du graphique représentera donc :

1° Les quantités échangées extérieurement, mesurées par les coordonnées ;

2° La perte ou le bénéfice qui ressort de l'ensemble de l'échange externe et de la transformation interne ; ce dernier apparaît en somme indirectement, par la cote donnée aux lignes d'indifférence.

Chaque producteur essaiera de faire sur le marché l'échange externe qui, combiné *ipso facto* avec la transformation interne devant produire la même quantité de produits, lui laissera le plus gros bénéfice en matières premières ; il fera indifféremment, quelle que soit la quantité à échanger et à transformer, le couple échange-production, laissant les mêmes bénéfices. (Cette supposition est d'ailleurs une simplification de la réalité dans laquelle la *quantité produite* n'est pas indifférente.)

Pareto remplit alors son graphique de lignes d'*égal bénéfice* parallèles à la ligne qui, pour une opération, exprime un bénéfice nul puisque l'échange est fait dans les conditions exactement inverses de la production.

Il appelle ces lignes lignes d'indifférence, transformant ainsi les données « objectives » de bénéfices de deux opérations en une donnée subjective relative aux goûts de l'individu.

Mais malgré ce nom, les lignes de bénéfice conservent un caractère concret que les lignes d'indifférence du consom-

mateur ne peuvent avoir. Par contre, elles n'apprennent rien de nouveau qui ne soit déjà contenu dans le seul tracé de la ligne de bénéfice nul. Ce sont des lignes identiques, tracées à une certaine distance.

Une des conséquences les plus remarquables de cette schématisation est que, après la double opération que PARETO envisage, on connaît exactement dans quelle mesure s'est augmentée la quantité de marchandises à la disposition du producteur. Alors que l'échangeur non-producteur perdait une quantité de blé pour en gagner une de pain, le producteur-échangeur titre de l'opération un *bénéfice ou une perte nette en blé ;* ainsi la quantité de pain à sa disposition n'a pas varié *et elle ne varie jamais* (sauf s'il agit comme consommateur). Et le résidu en blé est connu pour un producteur déterminé quand on connaît l'échange.

Tel est le producteur, très schématisé, tel qu'il se présente à l'échange.

La concurrence entre les producteurs apparaît ainsi comme un des éléments qui déterminent le schéma de producteur échangeur et non comme une circonstance des échanges : elle est comprise dans la production. Il faut évidemment qu'elle ne soit pas parfaite — en particulier que des producteurs ne se créent point — sans quoi il y aurait, comme graphique des producteurs, la ligne de profit nul en tout et pour tout.

***

7) *Les circonstances des échanges.* — Puisque c'est uniquement un ensemble d'échanges que PARETO étudie, il faut voir dans quelles circonstances ceux-ci doivent se produire dans le système simplifié.

La circonstance essentielle est que l'étude de PARETO n'est pas limitée, au moins en principe, à *un état de concur-*

rence parfaite. Cet auteur prétend explorer un domaine plus large que celui de WALRAS qui étudie « un cas spécial de l'équilibre économique, c'est-à-dire celui de la libre concurrence » (III, 30).

Mais il faut s'entendre sur les mots. Dans l'étude d'un échange, indépendamment des autres, il n'y a pas de concurrence par définition. Les obstacles ne sont pas dus à cette concurrence. PARETO ne dit pas quels sont ces obstacles, mais précise seulement leurs effets : ou ils empêcheront l'échange de se poursuivre jusqu'à son achèvement (ce sont les obstacles du premier genre) ou ils amèneront l'échange à se dérouler d'une manière déterminée (ce sont les obstacles du deuxième genre). Ainsi, les circonstances des échanges qui pouvaient nuancer le principe de la libre concurrence ne sont analysées par PARETO qu'au regard d'un seul échange et ne sont pas définies d'une manière générale : c'est dans chaque cas particulier que l'on pourra examiner si les circonstances permettent à l'échange de se poursuivre librement et jusqu'au bout.

Dans l'étude de plusieurs échanges au contraire, intervient la notion de concurrence parfaite. Les circonstances qui l'empêchent de se manifester se traduisent par la possibilité de plusieurs taux d'échange sur le marché. Comme PARETO n'envisage pas cette possibilité, il faut admettre qu'il envisage toujours la concurrence parfaite entre les échangeurs. Au début de son étude, il déclare pourtant sortir de l'hypothèse restrictive de la concurrence parfaite, mais il a abandonné ses intentions premières — comme on le verra en abordant l'étude d'un marché de plusieurs échanges. Mais c'est ainsi qu'il confond l'absence de concurrence, ce qui constitue un monopole, avec la concurrence imparfaite.

Le premier cas est celui d'un échange isolé ou d'une série d'échanges de plusieurs producteurs avec un seul consommateur ou d'un consommateur avec plusieurs

producteurs (III, 106), le second est celui où les échangeurs ne disposent pas d'informations ni de moyens d'actions suffisants pour se substituer les uns aux autres.

***

Ces circonstances étant données, l'action des individus mis en présence pour un échange est bien déterminée : chacun essaie de tirer le meilleur parti.

Pourtant PARETO distingue plusieurs « effets des goûts » (III, 39) et plusieurs effets « en ce qui concerne les producteurs » (III, 89).

Dans un type (I) de phénomène « le consommateur considère d'abord le prix et ensuite détermine la quantité à acheter. Il ne se pose pas, par exemple, le problème de savoir s'il préfère acheter 3 francs de rente à 99 fr. 35 ou 6 francs à 98 ; ce serait inutile puisque la fixation du prix ne dépend pas de lui » (III, 39).

Autrement dit, le consommateur (I) accepte le prix et détermine en conséquence les quantités qu'il échangera.

Au contraire, un individu de type (II) échange *pour agir* sur les prix et *ensuite* en tirer un certain avantage.

Le type (I) est observé selon PARETO sur les marchés de concurrence (III, 46), le type (II) quand il y a monopole (III, 47).

Or, sous une observation juste, il y a un flottement très net dans la pensée de PARETO qui se traduit par des contradictions dans les définitions des deux types. En effet :

1° Ce n'est pas parce qu'un individu est de type (I) qu'il ne se préoccupe pas de prix, c'est parce que PARETO suppose que cet individu se trouve devant un prix préexistant. Le problème est ainsi résolu avant d'être posé.

Et PARETO se contredit quelques lignes plus loin : « Le type (I) peut contribuer, mais sans le rechercher directement, à modifier l'état du marché, parce que suivant cet

état, il est disposé à échanger plus ou moins » (III, 41).

Dans l'échange individuel, il n'y a naturellement aucune prééminence des quantités échangées sur le prix, ou réciproquement. Mais, si l'on considère un ensemble économique de plus en plus étendu dans lequel s'exerce la concurrence, l'élément prix prend de plus en plus d'importance par son uniformité.

C'est donc l'ampleur du marché et non un mobile intérieur à l'individu qui détermine les effets des goûts ;

2° Mais il y a une autre confusion : PARETO définit le type (II) comme exerçant une action exercée sur le prix pour en tirer *ensuite* un avantage (III, 39). Dans ce groupe, il comprend le monopole où l'avantage est procuré par la valeur actuelle du prix (III, 47).

Il fait ainsi une grave confusion qu'il aurait facilement évitée, s'il avait compris qu'il ne travaillait que sur des données instantanées. Il confond l'effet à terme et l'effet immédiat. Le spéculateur perd sur l'achat qu'il fait pour en tirer un avantage ultérieur. Il ne choisit pas le prix qui lui est instantanément le plus profitable. Au contraire, le monopoleur tire l'avantage du marché en fixant le prix qui lui est instantanément le plus profitable.

Ce qui distingue le monopoleur de l'individu du type (I) c'est qu'il peut plus que lui, parce que les circonstances sont plus favorables, mais son état d'esprit est le même.

La confusion de PARETO est probablement due à ce que, pour acquérir un monopole, il faille, en général, spéculer auparavant.

Il n'y a donc pas d'effets différents des goûts, mais il faut distinguer :

1° L'effet à terme de la spéculation et d'autre part la recherche du meilleur échange instantané. Seule cette dernière prend place dans une étude en dehors du temps, dans un équilibre statique. La spéculation ressortit à la dynamique économique ;

2° Pour la recherche du meilleur échange instantané, les conditions peuvent différer, mais l'effet des goûts est toujours le même : l'individu cherche à acquérir le patrimoine ou les richesses qui lui sont plus utiles, et cette recherche sera toujours représentée par un mouvement ascendant sur les collines des goûts ou de la production.

C) Le principe de l'équilibre

8) *L'équilibre comme état stationnaire.* — Dès le commencement de son étude, PARETO proclame que l' « équilibre résulte de l'opposition qui existe entre les goûts des hommes et les obstacles à les satisfaire » (III, 14). Il revient souvent sur cette image pseudo-mécanique et se flatte d'en avoir tiré une théorie. Cependant, nous verrons que cette comparaison est toujours restée dans le vague et que notre auteur n'en a en fait tiré aucune notion précise de l'équilibre. Aussi faut-il, pour chercher l'équilibre dans le *Manuel*, écarter ce principe de façade.

PARETO donne ailleurs une définition plus précise de l'équilibre :

« On peut dire que l'équilibre économique est l'état qui se maintiendrait indéfiniment s'il n'y avait aucun changement dans les conditions dans lesquelles on l'observe » (III, 22).

Ainsi pour PARETO, l'équilibre est avant tout un état stationnaire, C'est bien ainsi qu'il était apparu aux physiciens. Mais nous avons vu que si cette définition générale était commune à toute la physique, et même à toutes les sciences, des divergences apparaissaient dès qu'on essayait de préciser les diverses notions d'équilibre dans des disciplines voisines.

Dire qu'un état est stationnaire, en effet, suppose qu'il y a d'autres états qui ne le soient pas. En d'autres termes, l'équilibre suppose un mouvement possible sans lequel il

n'aurait pas de raison d'être. Dans sa conception la plus générale, le mouvement est la variation des grandeurs caractéristiques définies dans l'étude à propos de laquelle on parle d'équilibre.

La nature de l'équilibre que chaque auteur dégage dépend donc des grandeurs caractéristiques qu'il choisit pour base de son étude, et en outre de la manière dont il conçoit les variations de ces grandeurs.

***

9) *Les grandeurs variables ; le schéma est en dehors du temps.* — PARETO ne définit pas quel est cet état qui se maintient, ni quelles sont les « conditions dans lesquelles on l'observe » qui doivent être constantes. En un mot, il ne dit pas quelles sont les grandeurs dont les variations feront l'objet de son étude.

Mais ses démonstrations ne laissent aucun doute à ce sujet : ce sont les quantités de « marchandises » possédées par un individu, et elles seules ; en particulier, le temps n'intervient pas dans les calculs de PARETO. Les graphiques qui schématisent le producteur et le consommateur ont pour coordonnées les quantités de marchandises possédées. Toutes ses démonstrations ont pour essence le « parcours d'un sentier », image topographique dont le contenu est ainsi explicité :

« Supposons, dit PARETO, qu'un individu possède la quantité oa de pain et ab de vin... Supposons qu'à un autre moment l'individu possède oa' de pain et $a'b'$ de vin... » (III, 60). Ainsi l'objet de l'étude de PARETO est la variation des quantités de « marchandises » possédées par un individu. Le terme « marchandises » est d'ailleurs moins général que celui de « richesses sociales » qui comprend en outre les services.

Comment les quantités de marchandises possédées

par un individu varient-elles ? D'une manière générale, on appelle production l'augmentation des richesses sociales, consommation leur diminution et échange leur changement de répartition entre les individus.

Le patrimoine d'un individu est affecté par chacun de ces trois phénomènes, qui peuvent être très complexes : aussi une première étude peut-elle, en première approximation, ne considérer que celles de ces variations dont les conséquences sont particulièrement simples.

Nous avons vu que Walras négligeait l'influence de la consommation, et celle du débit de la production, pour ne considérer que les variations de quantités de marchandises dues à l'échange.

Cette approximation imposait un schéma quasi instantané de l'économie qui permet en un court espace de temps de négliger l'influence de la consommation et du débit de la production sur les quantités de richesses possédées. L'échange en effet est un fait économique indépendant du temps ; le transfert de propriété est un acte immatériel.

Pareto garde cette notion de modèle instantané, mais il réussit à y faire entrer une certaine forme de la production en schématisant celle-ci d'une manière différente de celle de Walras.

Dans son système, la production est essentiellement la transformation d'une marchandise en une autre, quelque chose comme un échange interne, dans un patrimoine. Quelles que soient les généralisations qu'il envisage par la suite, son modèle est basé sur cet échange interne, à sens unique, tout le reste, et notamment les services, étant négligés.

Ce n'est pas pour faire image que nous insistons sur le mot d' « échange interne », c'est parce que Pareto donne réellement à la production tout le caractère instantané d'un échange, en représentant le producteur par les « lignes d'indifférence ».

En outre, le producteur ne considère que le résidu de l'ensemble d'un échange externe et d'un échange interne qui lui est toujours associé.

Il n'est pas indifférent de voir à quel prix on peut éviter de considérer le temps en économie. Deux phénomènes mesurent l'écoulement du temps parce qu'ils ne se conçoivent qu'en fonction du temps : la consommation et la production. Mais, à bien examiner la production, on s'aperçoit que c'est en elle l'*utilisation des services* qui fait intervenir le temps, car, bon gré, mal gré, on ne peut mesurer le service que par le temps.

Walras a éliminé à la fois consommation et production. Pareto a pu pousser plus loin son schéma en éliminant l'utilisation des services (1). La production schématisée qui lui reste peut être, comme un échange auquel elle a été ramenée, considérée en dehors du temps.

En résumé, les variations étudiées par Pareto sont les variations dans un temps très court (suffisamment pour éliminer l'influence de la consommation et de services) des quantités de marchandises possédées par les individus, variations engendrées par les échanges et par la production ramenée à une transformation immédiate d'une marchandise en une autre, cette dernière n'intervenant qu'accouplée à un échange de producteur de quantité égale à la marchandise produite.

***

10) *L'équilibre est l'absence d'échange.* — Donc l'état stationnaire est un état du système dans lequel il n'y a aucun changement. Or, les changements du schéma de Pareto ne peuvent consister qu'en variations, *indépendantes du temps*, de quantités de marchandises à la disposition des individus, producteurs ou consommateurs, résul-

(1) L'élimination des services a évité en outre à Pareto de trébucher comme Walras — dès l'abord — sur le problème de la capitalisation.

tant d'échanges accompagnés ou non d'une production.

Il y a donc équilibre quand il n'y a plus d'échange, quand plus rien ne pousse à l'échange. Or, ce qui pouvait inciter à échanger c'est que chaque consommateur recherche l'utilité la plus grande des combinaisons de marchandises qu'il peut acquérir par voie d'échange, et le producteur cherche le plus grand profit, c'est-à-dire la plus grande marge possible entre les marchandises qu'il vend et celles qu'il achète.

De même qu'il y a équilibre entre deux vases communicants (dont les variations sont celles des quantités de liquide contenu dans chaque vase) quand la communication a mis dans chaque vase des quantités telles qu'il n'y ait plus appel de l'un vers l'autre, de même il y a équilibre quand les quantités possédées par chaque consommateur sont telles qu'il n'y a plus moyen d'augmenter par échange l'utilité de patrimoine de chacun d'eux.

Il y a donc une notion d'équilibre valable pour tous les systèmes économiques, qu'ils soient composés de deux individus ou d'un nombre considérable d'individus et quelles que soient les imperfections du système : c'est l'état de répartition d'un nombre donné de marchandises entre consommateurs et producteurs, qui est tel qu'aucun n'ait plus l'envie ou la possibilité d'échanger.

II. — A LA RECHERCHE D'UNE NOTION DE L'ÉQUILIBRE

A) La méthode

11) *Les difficultés de principe.* — L'état stationnaire tel qu'aucun individu n'a plus envie d'échanger est un fait d'expérience. Il se constate pratiquement par exemple quand, sur un marché, tous les achats sont faits.

Il y a deux manières d'en aborder l'étude : ou par le détail, ou d'ensemble. L'étude d'ensemble consiste à cher-

cher quelles sont les uniformités qui existent entre les quantités qui ont été échangées, mais elle ne permet que d'arriver à une notion d'équilibre moins complète, et demande un certain nombre d'hypothèses supplémentaires.

On pourrait alors croire que l'étude de détail, c'est-à-dire de la position de chaque individu vis-à-vis de chaque couple de marchandise permette de mieux définir le phénomène. Mais elle rencontre elle aussi deux difficultés : les échanges sont très nombreux, et en outre ce sont des phénomènes discontinus.

S'il y a en effet un nombre m de marchandises et un nombre c d'individus, il y a un nombre $\frac{m\ (m-1)}{2}$ de couples de marchandises et un nombre $\frac{c\ (c-1)}{2}$ de couples d'individus. D'où en fait un nombre $\frac{m\ (m-1)\ c\ (c-1)}{4}$ de combinaisons différentes d'individus possédant deux marchandises. Pour 100 individus et 700 marchandises, ensemble économique restreint équivalent en importance à un marché de chef-lieu de canton (1), cela ferait environ 1 milliard de combinaisons (2). A les énumérer à la cadence d'une par seconde, il faudrait environ trente-huit ans.

Mais ce n'est là qu'une difficulté pratique qui n'empêche pas d'analyser l'échange comme un équilibre partiel. Il y a une autre difficulté de principe beaucoup plus grave.

L'échange en effet s'accomplit en général « en bloc ». Le mouvement que l'on veut alors étudier, pour voir son point d'arrêt, est une discontinuité dans le temps : les quantités possédées par un individu peuvent faire un saut brusque. Il faut insister sur cette discontinuité qui est à la base de

(1) C'est aussi l'exemple numérique que PARETO prend plus loin.

(2) En fait, l'emploi de la monnaie diminue considérablement le nombre des combinaisons, mais PARETO veut à la suite de WALRAS étudier l'équilibre sans la monnaie (III, 158).

bien des incompréhensions de l'équilibre : les variations des quantités possédées sont discontinues. C'est la conséquence même des schémas choisis par PARETO et principalement de l'échange. Si j'appelle équilibre l'absence de tout échange qui puisse changer mon propre patrimoine, je suis en équilibre toute la journée sauf aux instants précis où je paie mon restaurant, mes tickets de métro, mon journal et, le cas échéant, mon tailleur. PARETO se tortille l'esprit pour imaginer un individu achetant 100 grammes de pain à 60 centimes, puis 100 grammes de pain à 50 centimes, puis 100 grammes de pain à 40 centimes (III, 168). L'achat, fût-il effectué gramme par gramme, le patrimoine de l'individu aurait changé 300 fois de consistance dans la journée, mais chaque fois instantanément, et il serait resté constant tout le temps. Autrement dit, le caractère instantané et discontinu de l'échange *fait de lui une variation de quantité de richesses qui ne peut être l'objet d'un équilibre.*

***

12) *La solution classique : les mouvements virtuels.* — Cette difficulté majeure a été tournée comme suit par les économistes ayant adopté un modèle instantané et notamment par WALRAS : Ayant bien compris que la réalité ne constituait pas un mouvement susceptible d'équilibre, ils ont été chercher celui-ci, non pas dans les variations réelles des marchandises possédées par les individus, mais dans les variations virtuelles d'échanges possibles : celles de l'offre et de la demande, c'est-à-dire celles des quantités proposées et non celles des quantités échangées.

Ainsi apparaît la différence fondamentale entre deux notions possibles d'équilibre :

1° L'état stationnaire d'un échange est opposé à une variation des quantités proposées ou calculées, variation virtuelle de données subjectives pour l'économiste, qui ne

peut observer que les échanges réalisés (1). Il ne sera donc lui-même qu'un équilibre virtuel pour qui n'étudie objectivement que les quantités de marchandises à la disposition des individus ;

2° Les uniformités que l'on pourra éventuellement dégager dans les quantités échangées dans de nombreux échanges, si elles présentent le caractère d'un équilibre, sont des faits réels et concrets. C'est ainsi que l'équilibre de détermination des prix de WALRAS est un équilibre réel.

***

13) *La solution originale de Pareto : l'échange progressif.* — PARETO n'a cependant pas accepté cette notion virtuelle de l'équilibre. Ce n'est pas qu'il soit en principe opposé à de telles conceptions, puisqu'il déclare : les mouvements nécessaires pour arriver effectivement à l'équilibre peuvent être appelés réels. Ceux que l'on suppose pouvoir se produire pour nous éloigner de l'état d'équilibre, mais qui ne se produisent pas en réalité, sont appelés virtuels. L'économie politique étudie les mouvements réels pour savoir comment les faits se passent et elle étudie les mouvements virtuels pour connaître les propriétés de certains états économiques (III, 22).

Mais PARETO cherche ailleurs l'artifice. Il résout la difficulté en tranchant le nœud gordien. Puisque c'est la discontinuité de l'échange qui le rend impropre à être à la base d'une notion d'équilibre, il n'y a qu'à le supposer continu, c'est-à-dire s'exécutant par portions successives, qui doivent d'ailleurs être infiniment petites (puisque la courbe qui les représente doit être assez continue pour avoir une tangente).

L'échange se déroule donc dans le temps, ce qui est une

(1) Il en serait autrement si l'économiste pouvait disposer de toutes les dispositions à l'enchère, préétablies et devant être obligatoirement suivies, comme dans un marché, se poursuivant d'après des ordres établis au préalable.

contradiction avec les données que PARETO a posées pour cet échange et qui en font un phénomène hors du temps.

Les exemples mêmes que donne PARETO soulignent cette contradiction. Un aubergiste fait payer 4 francs la première bouteille de vin et 2 francs les autres (VI, 9) ou une somme fixe pour ses dépenses générales et le coût des aliments qu'il fournit (VI, 8). Mais il n'y a là-dedans aucun phénomène d'échange se déroulant dans le temps comme voudrait le faire croire PARETO.

Si le client commande tout à la fois, ce qui arrive notamment pour le repas, c'est le simple phénomène du désir décroissant avec la quantité, ce qui n'a rien à voir avec le temps. Que si le consommateur commande une bouteille supplémentaire de vin au dessert, qu'il n'avait pas prévue, c'est parce que ses goûts ont changé et qu'il a eu plus soif qu'il ne le pensait. Il s'agit donc de deux échanges différents, entre individus distincts car on ne peut admettre que la « photographie » des goûts alcool-argent soit demeurée valable, quand il y a des échanges successifs c'est parce que les conditions de ces échanges ont changé et non parce que les conditions étant les mêmes, l'individu procède par étapes successives. Ce n'est donc pas l'analyse d'un seul échange.

C'est ce que PARETO avoue dans un autre cas, celui de la spéculation, qui « appartient bien plus à la dynamique qu'à la statique » (III, 171).

Autrement dit, en règle générale, l'échange est bien un phénomène « en bloc ».

Néanmoins, PARETO, dans des conditions déterminées, indépendantes de temps, considère l'échange comme se réalisant effectivement par portions successives. Et il matérialise sa pensée, on l'a vu, en imaginant un individu qui pour acheter 300 grammes de pain, achète 3 fois 100 grammes à des moments différents ; il va plus loin : ses raisonnements supposent que l'échange est un phénomène continu, qui se déroule dans le temps.

Mais cette considération introduit dans son système des indéterminations supplémentaires, car il y a bien des manières d'échanger des portions successives de blé contre des portions successives de pain, pour qu'au total on échange 1 kilo de pain pour 800 grammes de blé.

« Le résultat final est le même, dit PARETO, mais l'individu y arrive de façons différentes. Il se peut qu'il soit libre de choisir la façon qui lui convienne le mieux ; il se peut également qu'il ne le soit pas, le dernier cas est le plus général. Ce qui s'oppose à ce que l'individu ait la liberté de choix est un obstacle du second genre » (III, 73).

Ces obstacles du deuxième genre, ponts-aux-ânes des économistes littéraires, si l'on en croit PARETO (1), ne sont pas autrement définis. Leur rôle est tout simplement de lever l'indétermination que PARETO a créée en supposant l'échange continu, c'est-à-dire de déterminer la fonction supplémentaire liant les quantités échangées au temps, que PARETO a imaginée. Ils n'ont donc que la valeur de celle-ci (2).

Sur le graphique dans lequel les deux marchandises sont portées l'une en abcisse et l'autre en ordonnée, la continuité de l'échange s'exprime ainsi :

Soit un individu possédant 10 kilos de pain et 8 de blé. Son patrimoine est représenté par le point d'abcisse 10 et d'ordonnée 8. Il échange 5 kilos de pain, contre 6 de blé. Son nouveau patrimoine étant de 5 kilos de pain, et 14 de blé, sera représenté par le point d'abcisse 5 et d'ordonnée 14.

L'échange est donc représenté par un point A indiquant la position avant et un autre point B indiquant la position après.

(1) « La plupart des économistes littéraires n'ont qu'une idée très imparfaite de ce genre de phénomènes. »

(2) Si l'on sort des modèles momentanés et que l'on considère des successions d'échange, il peut alors être intéressant de considérer des circonstances de faits analogues à ces obstacles du deuxième genre qui, en « économie dynamique », ne sont pas dénués d'intérêt.

Le déroulement dans le temps est représenté graphiquement par une ligne joignant le point A au point B, dont la forme est déterminée par les obstacles du deuxième genre, et qui dans le jargon topographique de PARETO est le « sentier parcouru par l'individu » (III, 60).

B) Essai d'application de la notion de l'échange continu

1. Étude directe de l'équilibre général

L'analyse de détail de l'équilibre économique que se donne pour objectif PARETO peut être maintenant bien définie. Ce dernier ne peut évidemment embrasser uniformément un ensemble complexe. Aussi essaie-t-il d'abord de se limiter à l'aspect particulier d'un individu échangeant avec les autres individus composant l'ensemble du marché une marchandise contre une autre.

Cet échange est essentiellement représenté comme une variation continue des deux quantités de marchandises à la disposition de l'individu, dans laquelle toutes les données du système qui peuvent se ramener au graphique des goûts à celui des producteurs et aux circonstances des échanges sont constantes. Quand cette variation s'arrête, il y a un équilibre.

Pour rendre compte de cet arrêt, PARETO a proposé successivement deux images puis les a abandonnées (1).

***

14) *L'opposition entre les goûts et les obstacles.* — PARETO suggère d'abord que « l'équilibre résulte de l'opposition qui existe entre les goûts des hommes et les obstacles à les satisfaire » (III, 14).

(1) L'abandon des images, pas plus que leurs propositions successives n'est pas explicite dans le *Manuel*. Il n'en est pas moins indiscutable.

Cette expression que PARETO reprend vingt fois, est très nettement imagée ; elle l'est même trop, car elle contient deux métaphores contradictoires. L'opposition est l'ensemble de deux actions de même nature ayant des effets qui s'annulent. L'obstacle est une circonstance empêchant une action de se produire. On a vu dans un chapitre précédent les différents types d'équilibre correspondants : deux chèvres s'opposent ou l'une se heurte à un mur. PARETO se rend compte que ses expressions sont mauvaises :

« Si les obstacles et le lien étaient tels qu'ils déterminent d'une façon précise chaque mouvement, on n'aurait pas à s'occuper des goûts et la considération de l'obstacle suffirait à déterminer l'équilibre » (III, 24).

Évidemment, l'arrêt d'un mouvement par un obstacle est exactement situé sur l'obstacle. Mais PARETO ne corrige pas sa définition et s'en console en se jetant dans l'imprécision :

« En fait, il n'en est pas ainsi en général : les obstacles ne déterminent pas d'une façon absolue tous les mouvements : ils imposent certaines restrictions, mais ils permettent à l'individu de se mouvoir d'après ses propres goûts dans un domaine plus restreint. »

Et jamais la fameuse « opposition » n'aura une forme plus précise (1).

Il n'y a pas d'autres moyens de sortir du chaos que de classer les éléments (III, 24) de nature complètement différente que PARETO met dans le fourre-tout qu'il appelle « obstacles ». Celui-ci contient quatre choses bien différentes :

Deux éléments d'opposition :

1° Les goûts des autres consommateurs et les recherches

(1) On retrouve une définition semblable à propos de la population : « L'accroissement de la population résulte de l'opposition qui existe entre la force génératrice et les obstacles qu'elle peut rencontrer » (VII, 62). Cette formule remplace l'explication du mouvement par une opposition presque du niveau de la *virtus dormitiva* de l'opium.

de profit des producteurs qui sont des éléments de même nature que les goûts de l'individu dont il est question et qui peuvent s'y opposer ;

2° Le fait que les quantités de marchandises sont limitées (et même pratiquement constantes aux coefficients de production près), ce qui fait que les goûts et les recherches de profit peuvent opposer leurs effets ;

Un élément d'obstacle :

3° Les conditions de fait qui déterminent l'état des individus et des transformations de biens (III, 26). PARETO cite comme exemple les moyens pour transformer les biens.

Il veut probablement tenir compte des éléments négligés dans sa schématisation première. Il faut y ajouter les contraintes qui peuvent empêcher de modifier les phénomènes d'après les goûts (III, 37), bref tout ce qui peut gêner les échanges ;

4° *Enfin un élément particulier* appelé par PARETO « les obstacles du deuxième genre » et qui sont toutes les circonstances de fait qui peuvent faire varier le mode d'exécution de l'échange. Nous allons préciser dans un instant.

Ces quatre éléments « obstacles » s'opposent aux goûts, dans le cours d'un échange, de la manière suivante :

Le consommateur essaie, sous l'influence de ses goûts, d'obtenir la combinaison de marchandises A et B qui lui est le plus utile. Comme il n'a que l'échange à sa disposition, il y parvient en échangeant A contre B ou B contre A.

La force naturelle qui amène un consommateur à avoir le maximum d'utilité est traduite graphiquement par la tendance du point représentatif de l'utilité totale du patrimoine à se déplacer vers les courbes représentant les utilités les plus grandes, ce que PARETO imagine être la projection cartographique de l'ascension par l'individu d'une colline des plaisirs dont les courbes seraient des lignes de niveau.

Donc les goûts poussent l'individu à l'ascension et les obstacles le retiennent. Il semble bien que l'équilibre soit dû à l'action alternative de deux phénomènes : ou l'individu est arrêté par un obstacle « circonstance de fait », ou il ne l'est pas, alors il suit le sentier jusqu'à ce que celui-ci ne monte plus. La force ascensionnelle laisse l'individu sur ce sommet relatif.

Mais dans cette représentation, la principale opposition qui est le goût des autres ne figure pas. En fait, il sert, lui aussi, à déterminer le sentier suivi car une fois de plus, PARETO abandonne — toujours aussi discrètement — son schéma trop indéterminé pour en adopter un autre.

***

15) *L'arrêt de l'échange.* — Et voici comment, malgré ses protestations préalables, PARETO conçoit effectivement son équilibre :

Les goûts des autres consommateurs, la recherche du profit par le producteur n'interviennent jamais comme obstacles s'opposant au mouvement. Dès que PARETO veut préciser, il ne fait pas intervenir cette opposition qui reste toujours dans le vague dans ses démonstrations.

Pour déterminer l'équilibre, en effet, il ne considère plus un seul individu pour lequel il existe d'un côté des goûts et de l'autre côté des obstacles, mais bel et bien plusieurs individus. Il a ainsi autant de graphiques que d'individus. Sur chacun de ces graphiques, l'échange continu de PARETO est représenté par un sentier qui représente les variations des patrimoines de chacun des contractants.

Alors, l'échange se déroule sur un rythme indépendant des goûts des échangistes en présence, et dépendant seulement des obstacles du deuxième genre ou du hasard (1).

(1) Toute cette analyse qui est à la base du moindre raisonnement de PARETO est soigneusement camouflée par lui. Les éléments doivent donc en être cherchés dans le texte postérieur.

Il modifie, pour chaque individu l'utilité de la totalité des marchandises.

Chacun des individus en présence voudrait arrêter l'échange quand le déroulement de ce dernier, *indépendant de lui*, n'apporte plus une amélioration de l'utilité totale des marchandises qu'il détient, mais bien une diminution, ce qui, dans l'imagerie topographique de PARETO est représenté par la descente d'un sentier arrivé en un point relativement culminant.

Or, et c'est là une conséquence de l'indépendance des goûts des contractants, et des fameux obstacles du deuxième genre, il n'y a aucune raison pour que le déroulement des échanges, commandé par des circonstances extérieures aux goûts, satisfasse au maximum en même temps les deux contractants (1). En effet dans l'imagerie de PARETO, il n'y a aucune raison pour qu'une ligne quelconque tracée sur les deux graphiques des deux individus soit tangente aux lignes d'indifférence en même temps, c'est-à-dire en un point qui représente le même endroit du parcours, ou si l'on préfère, la même fraction effectuée de l'échange.

Et pourtant, l'équilibre est forcément unique, puisque l'échange s'arrête en même temps pour les deux contractants : on ne peut échanger tout seul. Alors, de deux choses l'une (supposons pour simplifier qu'il y ait seulement deux contractants) (2).

1° Comme pour chaque individu le sentier culmine à un moment différent de l'échange (c'est-à-dire que l'échange n'est pas en même temps optimum pour les deux individus), si ce sentier est entièrement déterminé par les obstacles du deuxième genre, c'est-à-dire si les circonstances extérieures imposent l'évolution de l'échange

(1) C'est normal puisque PARETO a introduit gratuitement une indétermination supplémentaire qui n'existe pas dans la réalité : l'exécution progressive de l'échange.

(2) Le raisonnement est identique avec plusieurs contractants.

par tranches successives, l'équilibre ne pourra être que l'un ou l'autre point culminant : ce sera l'instant favorable à celui qui peut imposer ses conditions à l'autre) (III, 118). Remarquons que cet individu, doué alors d'une puissance qui n'est pas indiquée dans « sa photographie des goûts », rien n'empêche de le considérer comme pouvant forcer l'autre à suivre un sentier déterminé, à réaliser les fractions successives de l'échange, de manière à ce que cet équilibre soit parfaitement avantageux (III, 128). Dans tous les cas, il y a arrêt par une volonté unique de l'individu.

2° « Si les obstacles du deuxième genre imposent non pas un sentier, mais seulement l'espèce de sentier, dit Pareto, les individus essaieront ensemble divers sentiers de cette espèce jusqu'à ce qu'ils en trouvent un qui arrive en même temps au maximum d'utilité par les deux individus » (III, 117). Cette proposition qui contient l'essence de la théorie de l'équilibre de Pareto mérite d'être traduite en français et commentée.

L'échange est fait de portions successives. Les circonstances extérieures imposent une condition à la réalisation de ces tranches, par exemple le prix constant de toutes les portions.

Les deux contractants sont donc l'un devant l'autre avec l'un 20 kilos de blé, l'autre 20 kilos de pain. Les circonstances extérieures leur imposent par exemple d'échanger le blé contre le pain en conservant un taux d'échange constant, sans leur fixer ce rapport. Alors ils choisissent au hasard un rapport, échangent 1 grain de blé, 2, 10, 100, etc., contre un poids égal de pain, par exemple.

Soudain, l'un s'aperçoit que l'échange ne lui profite plus : il veut s'arrêter, ce qui serait l'équilibre, mais l'autre veut prolonger l'échange qui lui serait avantageux.

Alors, bien sagement, ils recommencent tous les deux à échanger à un autre taux 1 grain, 2, 100, jusqu'à ce qu'ils

aient trouvé un taux qui les satisfasse en même temps.

Il faut comprendre l'équilibre ainsi : le premier qui sera satisfait, arrêtera l'échange. Mais quand les individus recommenceront, et ils recommenceront, sans quoi PARETO ne se fût alors pas intéressé à eux, le second fera à un taux d'échange plus favorable pour lui. Et celui qui sera brimé (parce que l'autre sera satisfait avant lui) augmentera ses prétentions dans le troisième échange.

On croit être en plein rêve.

Mais PARETO a bien précisé qu'il ne considérait que les actions qui se répètent — ce qui lui permet d'admettre que c'est un lien logique qui unit ces actions (III, 1). Autrement dit, les démonstrations de PARETO ne sont pas valables pour un cas isolé — et les collines de goûts n'ont de valeur que pour une action répétée bon nombre de fois. PARETO ne fait la théorie que du dernier échange.

Et PARETO reprend sérieusement l'exemple de l'individu qui achète 300 grammes de pain en 3 fois et nous le montre tous les jours allant à la boulangerie pour perfectionner ses méthodes d'échange par tranches de pain successives.

Seul, le dernier achat est un équilibre. Quant aux achats précédents, ils n'intéressent pas PARETO, parce que, l'acte n'étant pas suffisamment répété, les individus ne pouvaient être logiques et en conséquence, ne savaient pas par quelle tranche successive de pain il fallait commencer.

Ou plus exactement, les échangistes savent exactement où le sentier les amènera, grâce à des expériences passées : seul, le résultat compte. Ils savent d'avance comment s'y prendre pour que l'échange continu s'arrête au point qui les satisfasse tous deux.

Mais c'est là qu'il faut dénoncer la grande illusion de PARETO — ou plutôt le point faible qui est comme toujours savamment camouflé (1).

(1) Ce mécanisme de fixation du sentier qui est à la base de tout raisonnement de PARETO n'est décrit prudemment qu'à la fin du chapitre : jusque-là

Rien n'est résolu, malgré toutes les imageries : tout est reporté au commencement. Pour expliquer qu'on échange 10 kilos de pain contre 5 de farine, PARETO suppose un échange qui se déroule par exemple à taux constant. Mais quand les échangistes ont troqué 2 grammes de pain contre 1 de farine, nous savons déjà où ils iront et eux aussi : tout le problème est de savoir pourquoi ils troquent 2 grammes de pain contre 1 de farine. Parce que, dit PARETO, ils savent qu'il faut recommencer comme cela pour finir par l'échange qui les satisfera. Mais là, ils savent aussi tout de suite quel est cet échange. Ils n'ont qu'à le faire tout de suite, sans suivre un « sentier ».

Si l'action est répétée et, ne craignons pas de le dire, seules les actions répétées intéressent PARETO et c'est à ce prix que l'opération arrivera à un équilibre, les individus savent parfaitement où aller. En posant le pied gauche sur le sentier, ils résolvent le problème.

En résumé, la notion de l'équilibre de l'échange par arrêt d'un échange continu au moment où il *satisfait également* les deux contractants est bâti à la fois sur une contradiction avec les faits, et sur un cercle vicieux.

Rien d'étonnant donc que PARETO abandonne cette image, comme il avait abandonné celle de l' « opposition » des goûts et des obstacles qui était trop floue.

2. ÉTUDE D'UN ÉCHANGE ISOLÉ

16) *Retour discret aux données concrètes.* — PARETO n'abandonne pas seulement la méthode d'échange par l'arrêt d'un sentier, il abandonne aussi la tentative d'embrasser d'emblée l'équilibre des échanges. Il se rabat sur l'étude d'un seul échange qu'il essaiera de généraliser (1).

l'effet des sentiers du deuxième genre n'est que l'occasion d'injures à l'égard des « économistes littéraires ».

(1) Si l'on s'attache à ce qu'il fait et non à ce qu'il dit.

C'est ce qu'il exprime, en des termes d'ailleurs trompeurs, car ils ne s'appliquent qu'à un échange.

« Le problème de l'équilibre général se scinde en trois autres qui consistent :

« 1° A déterminer l'équilibre en ce qui concerne les goûts ;

« 2° A déterminer l'équilibre en ce qui concerne les producteurs (1) ;

« 3° A trouver un point commun à ces deux équilibres qui formera un point de l'équilibre général » (III, 90).

Tout ceci semble bien compliqué pour un seul échange. Mais en réalité, l'équilibre en ce qui concerne les goûts, est tout simplement les dispositions à l'enchère des consommateurs dans le cas concret étudié ; et l'équilibre en ce qui concerne le producteur n'est autre que les prétentions de ce dernier.

Ainsi PARETO revient-il aux seules données expérimentales qu'il n'aurait jamais dû quitter. La complication provenait de ce que PARETO n'avait pas voulu se limiter aux données d'expérience qui sont les dispositions à l'enchère dans un cas particulier, fait scientifique dont on peut parler sans danger, et qui se peut matérialiser dans des chiffres. Mais comme on l'a vu, il a cherché à généraliser et à subjectiver ces données objectives pour représenter les goûts de l'individu « quelles que puissent être les circonstances ». Et pour revenir au cas concret, il suppose un sentier parcouru dans les conditions que nous venons de voir.

Mais même en admettant cette généralisation, il ne faut pas que PARETO affuble du nom d'équilibre, le retour au cas concret en lequel consiste sa détermination de la « ligne des échanges » (III, 97), et de même pour le producteur placé en face d'un échange ce qu'est son profit en

(1) Malgré ce mot « les producteurs » il s'agit d'abord d'un producteur.

fonction de quantités échangées. Le problème est donc tout simplement de trouver un point commun entre les dispositions à l'enchère des deux contractants. PARETO est donc revenu à la méthode classique d'étude de l'échange.

***

17) *Détermination effective du taux d'échange.* — La représentation graphique de PARETO se prête particulièrement à la solution de ce problème. Sur un plan dont les axes de coordonnées sont gradués l'un en quantité de blé, l'autre en quantité de pain, supposons qu'un point représente la quantité de pain (mesurée par son abcisse) que l'un des échangeurs est décidé à troquer contre une quantité de blé (mesurée par son ordonnée).

La disposition à l'enchère de chaque individu est représentée par une courbe et l'échange pourra se faire aux points d'intersection.

Certes, PARETO précise le nombre de points d'intersection et a introduit des courbes de producteurs plus compliquées que les courbes de consommateurs. Et il signale en outre que divers obstacles matériels ou moraux empêchent parfois les dispositions à l'enchère d'être confrontées.

Mais il ne change en rien le principe de la détermination de la valeur d'échange, qui s'établit aux points communs aux dispositions à l'enchère de deux contractants.

Ce qu'il y a d'original dans sa méthode, c'est qu'au lieu de partir du cas concret des dispositions à l'enchère, il part de données abstraites, des goûts et des obstacles et retrouve les cas concrets par l'étude abstraite d'un échange continu dont on a vu à quel prix on pouvait en faire une application. Autrement dit, il recule l'origine de ses démonstrations. Mais comme il la recule dans le domaine des sensations, il est obligé de revenir aux choses concrètes dès qu'il veut établir quelque chose de réel.

Mais ce faisant, et c'est là où toute cette étude aboutit, il a changé la signification de l'équilibre en le considérant comme la conclusion d'un échange.

Les « économistes non mathématiciens » avaient imaginé un déroulement de l'échange imaginaire, qui ne comprenait pas des échanges réels *puisque l'offre n'était pas égale à la demande*, mais un dédoublement de la quantité échangée en « offre » et en « demande » ayant chacune une valeur différente variable suivant le *prix*. Au prix d'équilibre, ces deux valeurs étaient égales, puisqu'on rentrait dans le réel. La différence entre offre et demande, cause du mouvement virtuel, étant supprimée ce mouvement disparaissait. Tel est l' « équilibre » de l'offre et de la demande.

En réalité, ce qui est équilibré après l'échange, c'est l'utilité des marchandises possédées par chaque individu, ce que PARETO retrouve d'ailleurs très bien (VI, 34).

Mais par sa conception de la continuité de l'échange, PARETO avait eu une autre notion différente de l'équilibre : celle de l'arrêt de mouvement continu d'échange. Et ce qui est plus grave, il n'y a pas vu un phénomène virtuel, mais réel, ce qu'on ne peut admettre car c'est trop contraire aux faits. En tout cas, il a été obligé de revenir à la théorie classique quand il a voulu effectivement déterminer la position d'équilibre. Et sa notion originale de l'équilibre s'est révélée stérile dans le cas d'un échange.

***

3. GÉNÉRALISATION A PLUSIEURS ÉCHANGES

18) *Insuffisance de la méthode de Pareto à être généralisée.* — Il est bien rare qu'un système économique soit formé de deux individus, et dans ce cas il est vraisemblable que le schéma étudié ne s'appliquerait pas. PARETO dit fort justement : « Deux individus qui auraient à contracter

ensemble seraient probablement guidés par des motifs bien différents de ceux que nous avons supposés. Pour être dans le vrai, nous devons supposer que le couple considéré n'est pas isolé » (III, 110). Pareto propose deux méthodes pour généraliser.

Il essaie d'abord de ramener le mécanisme de plusieurs échanges à celui d'un seul et peut ainsi utiliser son imagerie topographique et sa conception de l'équilibre continu, mais cela ne l'amène pas loin ; alors il abandonne entièrement, mais discrètement, collines et sentiers, et adopte purement et simplement une autre notion de l'équilibre : l'équilibre de détermination de Walras.

La première méthode consiste à considérer tous les échanges de la collectivité comme un seul échange. L'équilibre général sera alors exactement l'équilibre d'un échange. Mais il reste à voir à quelles hypothèses se ramène une telle simplification.

Pareto est extrêmement discret à ce sujet. Il considère d'abord un ensemble formé d'un certain nombre de producteurs et d'un consommateur, ou d'un certain nombre de consommateurs et d'un producteur (III, 106), puis sans avertissement préalable, un ensemble de producteurs d'un côté et de consommateurs de l'autre (III, 113).

La portée de cette généralisation est donc limitée : elle se ramène à l'étude d'une opposition. Pareto met les producteurs à sa gauche, les consommateurs à sa droite et les oppose.

Sa valeur est limitée parce qu'un groupe de consommateurs n'est pas un consommateur, un groupe de producteurs n'est pas un producteur.

En premier lieu, on peut se demander si une collectivité de consommateurs peut être représentée abstraitement par un système de lignes d'indifférences, résultant uniquement des courbes d'indifférences des individus qui la composent, comme le prétend Pareto (III, 99), et

comme il le démontre très succinctement à l'aide d'un cas particulier (III, 87). Mais cette démonstration suppose que l'échange avec plusieurs consommateurs est assimilable à un échange avec un seul consommateur, ce qui est une autre hypothèse que nous allons rencontrer plus loin.

Mais il nous suffirait sans chercher à savoir ce qui se passe dans l'addition d'échelles préétablies des goûts que nous n'avons pas admises, que l'on puisse obtenir les dispositions à l'enchère des individus en additionnant les dispositions à l'enchère de chaque individu, ce que PARETO affirme sans démonstration (III, 99) mais qui entraîne également une hypothèse de l'assimilation des échanges à un seul échange.

Ce n'est pas par hasard que nous sommes ramenés une seconde fois à ce problème. Les dispositions à l'enchère sont une chose concrète et leur effet ne pourra être additionné que s'il y a une seule enchère. Il ne s'agit donc pas de savoir si des consommateurs peuvent être représentés par leurs goûts comme un seul consommateur, ni même si des producteurs peuvent être représentés par leur désir de profit par un seul producteur ce qui conduirait aux mêmes conclusions, en faisant toutefois l'hypothèse supplémentaire que leur nombre ne modifie pas leur action (III, 88). Mais il s'agit de voir si tous les échanges se comportent bien comme un seul échange. Comme à son accoutumée, PARETO ne souffle mot de ce point principal de la question, mais le suppose implicitement admis, ce qui est magnifiquement camouflé sous son imagerie topographique. « Supposons, dit-il, que ces deux consommateurs ne puissent que parcourir des lignes parallèles » (III, 87), ce qui revient à admettre que les portions successives de marchandises sont échangées à *taux constant* et *le même* pour les deux individus. Mais en outre, remplacer plusieurs sentiers par un seul suppose que les transformations successives soient faites *en même temps pour chaque portion et en liaison.*

Effectivement les échanges pourront être assimilés à un seul échange s'ils se font en correspondance complète, si chaque échange partiel se fait à un même prix (ces conditions sont exprimées dans l'hypothèse que les sentiers sont des droites parallèles) on pourra alors définir un prix unique pour l'ensemble et assimiler cet ensemble à un échange.

Mais en admettant ainsi l'unité de prix pour tous les échanges *préalablement à la mise en œuvre de l'équilibre*, PARETO abandonne tout simplement la recherche d'une généralisation des propriétés de l'équilibre de deux contractants à un ensemble de plusieurs contractants, pour adopter *d'abord* la notion d'une uniformité entre les quantités, qui est le rapport des quantités différentes de marchandises échangées entre deux individus : il reconnaît par ailleurs que le cas d'un échange isolé, non influencé par d'autres échanges est théorique (III, 110).

Aussi, sauf les cas où effectivement on peut admettre deux intérêts en présence, bien opposés, l'équilibre de PARETO ne vient que comme étude complémentaire à l'uniformité des taux d'échanges ou prix.

Quand PARETO déclare : « le problème de l'équilibre est complètement résolu » (VI, 26) il ne dit pas qu'il l'a pris presque complètement achevé, par WALRAS, c'est-à-dire en supposant qu'une marchandise avait un prix unique sur toute l'étendue du marché.

III. — PARETO ABANDONNE SA NOTION DE L'ÉQUILIBRE ET ADOPTE CELLE DE WALRAS

A) Le changement de méthode

19) *Pareto reconnaît implicitement son échec.* — Les généralisations précédentes ne l'ont pas satisfait. Après leur étude, après l'étude d'échange entre des consomma-

teurs et des producteurs, après avoir considéré la collectivité comme un individu, il dit dans la première ligne consacrée à l'équilibre général (1) : « Nous avons jusqu'ici étudié principalement le cas de deux individus et de deux marchandises ; il nous faut maintenant nous occuper de l'équilibre d'un nombre quelconque d'individus et d'un nombre quelconque de marchandises (III, 196). Le problème est nettement posé. Il est aussi nettement résolu par l'abandon de la notion d'équilibre que PARETO avait introduite jusqu'ici et par l'adhésion pure et simple de la notion d'équilibre de détermination qu'il a héritée de WALRAS.

PARETO n'est pas gêné par la volte-face qu'il présente aussitôt avec assurance : « Supposons que nous soyons arrivés à l'état d'équilibre, c'est-à-dire au point où se transforment, par l'échange ou autrement, indéfiniment, certaines quantités de marchandises ayant certains prix... » (III, 196).

Le malheur est que cette définition de l'équilibre n'est pas du tout celle que PARETO avait adoptée précédemment. C'était jusqu'ici l'arrêt de l'échange par opposition des obstacles aux goûts qui constituait l'équilibre de PARETO.

Et ce dernier adopte une définition qui n'est autre que celle de WALRAS, dissimulée, il est vrai, sous une confusion, de la statique et de la dynamique, pour employer les termes de PARETO.

Ce qui est important dans la définition, c'est qu'il y ait des prix. Là est tout l'état d'équilibre. Ce qui n'a rien à voir à la question c'est le terme « indéfiniment ». *A un moment donné*, les données de PARETO : consommateur et

(1) Encore faut-il noter ici la confusion volontaire de PARETO qui appelle d'abord équilibre général, comme on l'a vu, l'équilibre entre deux individus (III, 90) et qui maintenant adopte ce terme dans un sens plus extensif. Les termes du paragraphe (III, 90), les silences de PARETO sur les conditions de généralisation tendent à faire croire que les collines des goûts et des obstacles sont les instruments d'une recherche générale alors qu'elles sont essentiellement l'analyse d'un cas particulier.

producteur-échangeur déterminent des prix. Telle est la notion héritée intégralement de Walras. Que cette détermination reste si les données subsistent est une des propriétés mêmes du phénomène de détermination, accessoire et d'ailleurs non traitée par Pareto.

Car là encore, son raisonnement est indépendant du temps qu'il ne fait pas intervenir. Il adopte un modèle instantané, de même nature que celui de Walras, quoique n'ayant pas exactement les mêmes éléments.

Cette adoption de prix déterminés supprime dans l'ensemble du marché où elle s'applique toutes les nuances que Pareto avait décrites : transformation dans l'espace, concurrence imparfaite : c'est tout cet abandon qu'il faut souligner quand on adopte un modèle où il y a des prix.

Mais, si Pareto est discret sur le sacrifice de tout ce qui avait jusqu'ici fait l'objet de son étude, il pousse cependant ce sacrifice jusqu'à porter le profit sur l'autel, et ce n'est qu'en refaisant correctement une démonstration qu'il a fait d'une manière incorrecte — comme nous le verrons plus tard — qu'on s'aperçoit que cet ultime abandon était inutile.

B) La détermination des prix

20) Pareto n'a pas vu en quoi cet équilibre de détermination était exactement un équilibre. Nous ne reviendrons donc pas sur cette question qui a été traitée à propos de Walras. Mais il a eu le mérite de préciser cette détermination par l'analyse des données et des inconnues et a apporté ainsi une meilleure compréhension du modèle de Walras.

Considérons un marché qui mette en présence « *m* » marchandises et « *c* » contractants ou, pour fixer les idées, 700 marchandises et 100 échangeurs, ce qui correspond aux chiffres donnés par Pareto (III, 201). Chaque couple

d'individus pourra faire, à propos de chaque couple de marchandises un échange défini par un rapport d'échange ou prix.

Comme il y a $\frac{1}{2}\ m\ (m-1)$ soit 245.000 couples de marchandises (1) et $\frac{1}{2}\ c \times (c-1)$, soit 4.950 couples d'individus, cela fait au total $\frac{1}{4} m \times (m-1) \times c \times (c-1)$ soit dans le cas particulier plus de 1,2 milliard d'échanges possibles donc 1,2 milliard de *taux* d'échange possible.

Or, dire qu'il y a des prix, revient à dire qu'il n'y a pas 1,2 milliard de taux d'échange indépendant mais que ces taux sont indépendants des individus et des couples considérés de marchandises. Ils peuvent se ramener à $(m-1)$ soit 699 taux ou prix.

Mais cela, à certaines conditions. Sinon, si les échanges sont indépendants, si les échangeurs n'ont pas la possibilité de se substituer les uns aux autres, il pourrait y avoir jusqu'à 1,2 milliard de prix différents en mettant les choses au pire.

Ces explications permettent de préciser l'appoint de Pareto à la théorie de Walras. Il ne voit pas un équilibre dans l'uniformité des prix, puisqu'il adopte tout de suite des marchés où il y a $(m-1)$ taux d'échange indépendants et qu'il ne remarque pas que c'est un cas très particulier.

Mais dans ce cas, il montre bien comment tous les éléments du système sont déterminés.

21) *Les grandeurs inconnues à délerminer.* — Pareto passe en revue les « conditions » qui déterminent les éléments à déterminer, puis ces derniers.

(1) En fait, il y en a moins à cause de l'usage de la monnaie, mais Pareto étudie l'échange avant d'étudier la monnaie (III, 158). Il rencontre donc comme Walras cette complication.

A vrai dire, il vaut mieux faire l'opération inverse et savoir ce qu'on veut déterminer, avant de savoir comment on le déterminera.

Les quantités variables de problèmes sont les marchandises données ou reçues au total par chaque individu, dans les échanges, soit *mp* quantités différentes, soit 70.000 dans l'exemple numérique de PARETO (III, 201).

Ceci montre que PARETO ne pousse pas le détail jusqu'à chercher quelles ont été les quantités de chaque marchandise, données par chaque individu à *chaque autre*, ce qui serait chercher à déterminer l'équilibre de tous les échanges. Il cherche seulement à déterminer les quantités échangées par chaque individu avec l'ensemble du marché. Il suppose déjà donc qu'il y a des prix de marché. A ces inconnues, PARETO ajoute les $(m - 1)$ soit 699 prix (III, 201) !

Mais il est bien évident qu'il s'agit d'inconnues auxiliaires, car quand on connaît les quantités données ou reçues par chaque individu, tout est déterminé. Les prix s'obtiennent en fonction de ces quantités.

Ces inconnues supplémentaires portent le total à :

$$mc + m - 1 \text{ soit } 70.669 \text{ inconnues}$$

Mais ces inconnues ne sont pas indépendantes. PARETO ne le dit pas, mais il le sait, car il appellera les dépendances « conditions ». Une telle méthode est abusive. On n'a pas le droit de multiplier les inconnues à plaisir ; les dépendances sont très faciles à éliminer :

1° En effet, comme l'on connaît les taux d'échange des marchandises l'une contre l'autre, il est bien évident que si on sait ce qu'un individu a échangé des $(m - 1)$ ou 699 premières marchandises, on a aussitôt ce qu'il a échangé de la dernière. Si nous prenons cette dernière comme monnaie cela revient à dire que, lorsque l'on connaît les quantités achetées de toutes les marchandises et le prix de chacune d'elles, on sait ce qu'on a payé.

C'est une simple multiplication. Il vaut mieux avouer que l'on s'était donné trop d'inconnues et ne pas voir là une catégorie de conditions imposées par le budget de chaque individu (III, 200) (1). Il y a donc en trop : *c* inconnues, une par individu (100 dans l'exemple) ;

2° Si l'on considère une marchandise il est bien évident qu'au total, pour tous les individus, le total des quantités données et reçues est nul. Il y a donc pour chaque marchandise, une quantité qui est connue dès que l'on connaît les autres.

Il ne faut pas y trouver une condition, et dire solennellement : la condition (C) de deux individus se ramène à savoir que ce qui est cédé par l'un est reçu par l'autre (III, 213). Il vaut mieux dire : il n'y a qu'une seule inconnue dans l'échange entre deux individus : c'est la même quantité que l'un reçoit et l'autre donne. Il semble que Pareto ait introduit la complication pour ne s'être pas rappelé au paragraphe (III, 205) qu'il ne considérait que des échanges. D'ailleurs la définition de l'équilibre précédemment citée (III, 196) comme l'état « où se transforment par échange ou autrement... », procède de la même erreur. Quoi qu'il en dise son modèle ne *considère que des échanges*. Ces inconnues sont bien les *quantités de marchandises que reçoit chaque individu*, que cet individu soit producteur ou consommateur. L'énumération des conditions du paragraphe, III, 208, montre l'origine de la confusion. La condition (C) exprime en réalité que ce qui *est donné par les uns est reçu par les autres*, ce qui est l'évidence même, et valable autant pour le producteur que pour le consommateur. En l'énonçant — à tort — comme l'égalité des marchandises avant et après l'échange, Pareto lui donne

(1) Il semble que Pareto introduise cette complication parce qu'elle se conserve même si on suppose l'achat continu en admettant que le budget de chaque individu soit équilibré à chaque instant. C'est un coup de chapeau « au sentier » donc à toute l'imagerie topographique.

une nouvelle forme qui n'est vraie que pour le consommateur. C'est là qu'est son erreur. Le problème est de connaître les prix et les quantités échangées. Or, il n'y a que $(m - 1)\,c$ quantités et prix à connaître. Les conditions D et E expriment simplement que l'on peut calculer la variation des quantités *possédées par le producteur* en fonction de celles échangées (1) *mais c'est là un autre problème.* Et PARETO ne dit pas autre chose que l'existence de prix est incompatible avec le profit !...

De même il y a $c - 1$ quantités de chaque marchandise inconnue et non c. Et on a ainsi compté une inconnue de trop pour chacune des marchandises, sauf pour la monnaie où la considération du budget en a tenu compte. On a donc trouvé d'abord c, puis $m - 1$ inconnues que l'on avait comptées en trop, soit 699. Il n'y en avait donc réellement que $mc + m - 1 - (m - 1 + c) = (m - 1)\,c$ soit dans le calcul de PARETO 69.900 et non 70.669.

Pour prendre un exemple concret, quand je vais acheter du pain chez un boulanger, je connais tous les éléments de mon achat lorsque je sais la quantité de pain que j'ai achetée et son prix : il y a deux inconnues. Eh bien, PARETO en met cinq : la quantité de pain que j'ai reçue, la quantité de pain que le boulanger m'a donnée, la quantité d'argent que j'ai donnée, la quantité d'argent qu'a reçue le boulanger et le prix du pain.

Ensuite il pose comme condition (car il y a production de pain) :

1° L'égalité du coût de production de pain (et de son prix de vente) ainsi que l'égalité de marchandises demandées pour la transformation et transformées (2), *ce qui n'a rien*

(1) Pour cela, il faut : 1° Que les opérations d'échange et de production, portent bien sur les mêmes quantités (condition E) ; c'est, on l'a vu, le caractère essentiel du schéma du producteur d'après PARETO ; 2° Qu'il y ait égalité du prix de revient et du prix de vente (condition D). C'est là un effet de la concurrence entre producteurs.

(2) Ceci montre d'ailleurs que le producteur-type de PARETO change toujours

à voir avec l'échange en question mais sert seulement à déterminer si le boulanger a fait un bénéfice ;

2° Que si PARETO admet cette erreur, il restera encore que les quantités échangées doivent être au total égales (en pain et en argent) ;

3° Enfin, ce que j'ai payé doit être égal au prix du pain multiplié par la quantité que j'ai reçue.

Si le privilège des économistes mathématiciens est de pouvoir introduire certaines inconnues auxilliaires telles que les prix, comme le dit PARETO (III, 152), il n'est pas bon de traîner inutilement des complications. Cela ne peut qu'amener à l'erreur et à la confusion.

En particulier, dans l'échange de m marchandises entre c individus, il faut voir qu'il n'y a que $(m - 1)\ c$ inconnues à déterminer, soit 69.000 inconnues dans l'exemple numérique de PARETO (III, 201). Si l'on prend les suivantes

d'une part les $m - 1$ prix, soit $m - 1 = 699$

et d'autre part les $(m - 1)$ quantités de toutes les marchandises sauf une, échangées par $(c - 1)$ individus, soit au total $(m - 1)\ (c - 1)$ soit 69.201.

On aura au total 69.900 ou $c\ (m - 1)$, les quantités de la dernière marchandise échangée de même que les opérations de dernier individu seront déduites des autres par une simple opération.

*
* *

22) *Les conditions déterminantes.* — La mise au point précédente permet de clarifier les conditions qui vont déterminer les $(m - 1)\ c$ inconnues. Ces dernières se résument alors aux conditions (A) de PARETO ou égalité des ophélimités élémentaires pondérées.

du blé contre du pain. On pourrait supposer que j'apporte du blé contre du pain. Il n'y a qu'à changer le mot « argent » en le mot « blé ».

Cette catégorie de conditions exprime que chaque individu satisfait ses goûts, autant que cela lui est permis par les obstacles (III, 199). Mais PARETO se garde d'ajouter que ces obstacles sont réduits aux goûts des autres individus et au désir de profit des producteurs, et aux seules imperfections du marché qui sont compatibles avec un prix *uniforme et arbitré*. En réalité, il n'y a plus d'obstacles car toute l'imagerie topographique est abandonnée, mais uniquement des individus, ayant non pas une échelle préétablie des goûts et des profits, mais tout simplement des dispositions à l'enchère pour chaque échange.

La quantité de chaque marchandise que possède chaque individu après l'échange est telle qu'au prix indiqué il n'a envie ni d'acquérir ni de céder les quantités qu'il détient. D'où l'état stationnaire.

Cela revient à dire que les utilités marginales de chaque marchandise que PARETO appelle ophélimités élémentaires, sont égales pour un consommateur (1) au prix fixé, ce qui fait $(m - 1)$ condition pour chacun des c individus.

Ce raisonnement est indépendant des données subjectives, non seulement de PARETO, mais même de toute considération d'utilité.

Même si l'on n'admet pas l'utilité d'une marchandise, on peut trouver $(m - 1)$ causes de perturbation pour chacun des individus, soit $c\,(m - 1)$ au total, en supposant un marché où les marchandises sont parfaitement arbitrées (par la monnaie, par exemple) : c'est l'envie d'acheter ou de vendre les $m - 1$ marchandises qui ne sont pas de la monnaie. Supposer qu'il y ait des prix auxquels aucun marchandage ne se fera plus si les conditions ne changent pas, c'est supposer que ces $c\,(m - 1)$ motifs d'acheter sont inopérants, donc poser $c\,(m - 1)$ conditions.

(1) Pour le producteur cette indifférence prend une autre forme.

C) Conclusion. L'équilibre walrasso-parétien

23) *Les étapes de la notion d'équilibre de Pareto.* — PARETO s'était donné comme mission première de déterminer les conditions d'un « état stationnaire ».

Malgré ses contradictions, il s'agissait bien d'un état stationnaire tel que la répartition des marchandises entre les individus ne leur donne pas envie d'échanger : c'était un problème indépendant du temps.

PARETO a essayé de commencer par un détail : d'aborder l'équilibre général par l'équilibre partiel. A cet effet, il a voulu étudier un échange, mais s'est heurté à ce que le mouvement autour de la position d'équilibre était un saut brusque. Tous les économistes avaient tourné la difficulté en supposant un mouvement imaginaire des prix. PARETO, lui, suppose que l'échange est continu, ce qui lui permet de considérer l'état stationnaire comme l'arrêt d'un échange. D'où le côté original de l' « équilibre virtuel » en lequel consiste un échange, que PARETO voudrait nous faire croire comme l'arrêt d'un mouvement continu réel.

Mais quel que soit l'équilibre par lequel on définisse l'échange, il n'est pas propre à donner la notion d'interdépendance. Par définition, en effet, on a dû supprimer l'interdépendance de l'équilibre partiel avec l'équilibre général pour faire l'étude du premier : c'est le cercle vicieux.

Aussi bien faut-il directement aborder l'étude de l'équilibre général, chercher les lois qui régissent ce dernier. Là, PARETO a tout simplement et, quoi qu'il s'en excuse, abandonné pleinement son opposition, puis adopté le principe de l'équilibre de détermination de la valeur d'échange de WALRAS, malgré que le modèle de l'économie qu'il ait construit sur lui soit un peu différent en raison d'une schématisation différente de la production. Ses points de départ subjectifs ne l'ont pas gêné, car par définition, une détermination est un cas particulier et les prix sont des

choses concrètes, mais ils ne lui ont plus servi de rien. Il est à peu près certain que PARETO a encore moins saisi que WALRAS en quoi l'adoption d'un prix uniforme et arbitré constitue un équilibre. Il ne paraît même pas concevoir l'existence d'un milieu économique où il n'y ait pas de prix. Il a néanmoins précisé, avec des complications inutiles, les conditions de cette détermination.

Il faut donc, quand on parle de l'équilibre statique de PARETO, c'est-à-dire de son modèle instantané, préciser si l'on s'attache au point de départ de PARETO qui lui est propre — ou au point d'arrivée qui est, à peu de chose près, l'équilibre de WALRAS.

***

24) *En quoi Pareto a perfectionné le modèle de Walras.* — Cependant, la manière particulière dont PARETO l'a traité permet de préciser cet équilibre de détermination qu'à créé WALRAS, sans trop l'expliciter, même à ses propres yeux :

1° Les simplifications de la réalité peuvent être diverses. Ce qui importe, c'est que les rapports constants que l'on constate à un moment déterminé soient expliqués à partir des données *à ce moment :* le temps ne joue aucun rôle et n'en doit jouer aucun. La détermination doit être faite indépendamment du temps et fonction des données, elles-mêmes indépendantes du temps.

Or, l'échange en fonction de données est indépendant du temps. Si on le suppose instantané, c'est parce que les données ne varient pas. Mais il n'y a aucun inconvénient à considérer une certaine « épaisseur de temps » dans laquelle ces données (quantités de marchandises consommées ou produites, « goûts », c'est-à-dire utilité) ne varient pas.

C'est dans la production que le temps intervient

principalement à cause des « services » qui y sont introduits. Tout équilibre de détermination, pour être indépendant du temps, devra donc prendre pour base une hypothèse dans laquelle les services n'aient pas d'influence sur le débit de la production : WALRAS avait négligé le débit de la production, PARETO a éliminé les services plus brutalement.

*
* *

2° Les schémas de WALRAS et de PARETO sont moins éloignés l'un de l'autre que ne le voudrait faire croire ce dernier, car malgré les apparences, le désir de profit des producteurs n'intervient pas dans l'équilibre momentané. Les conditions D et E supposent en effet une concurrence parfaite des producteurs qui les réduit *à la ligne des transformations complètes* (III, 214). Dans ces conditions, adieu la colline des obstacles et ses sentiers souriants ! La production n'intervient plus qu'à travers les coefficients de fabrication. Par ailleurs, si PARETO a une notion de l'intérêt différente de celle de WALRAS, nous savons que cette dernière était inadmissible et qu'il fallait la remplacer par une autre, plus walrassienne que celle de WALRAS. Or, c'est cette dernière qu'adopte PARETO, sans en tirer toutes les conséquences naturelles, d'ailleurs : « L'intérêt de l'épargne provient de la différence qui existe entre une chose disponible aujourd'hui et une chose disponible dans un certain temps, tout comme la différence de prix entre le vin et l'huile provient de la différence de qualité de ces deux marchandises » (VIII, 17).

*
* *

3° Le domaine de l'équilibre de détermination n'est pas limité à l'hypothèse de la concurrence parfaite. Si d'autres facteurs peuvent amener *l'uniformité des prix*, ils

donneront lieu à cet équilibre. Par exemple, un monopole parfait de la part des producteurs de certaines marchandises n'est pas incompatible avec l'existence de prix déterminés, donc avec l'équilibre de détermination. Or, WALRAS aussi bien que PARETO ne sortent de la concurrence parfaite que pour étudier des systèmes où les rapports d'échange de deux marchandises sont néanmoins déterminés dans tout le marché. En particulier, ils étudient l'absence de concurrence, qu'ils confondent avec la concurrence imparfaite.

Aussi ne voient-ils ni l'un ni l'autre ce en quoi consiste la détermination du prix. Comme WALRAS, PARETO croit que si un prix de 15 francs est un équilibre, le non-équilibre serait un prix de 16 francs ou un prix de 14 francs alors qu'en réalité, le déséquilibre serait l'absence de prix, certains échanges se concluant au prix de 16 francs et d'autres au prix de 14 francs en raison de la concurrence imparfaite.

***

4° Enfin, ce n'est pas la discrétion de l'observateur qui dégage la notion de prix dans un ensemble économique. On peut voir comment ils apparaissent naturellement (1). Dans un échange, les éléments déterminants sont les deux quantités échangées ou, si l'on préfère, une quantité échangée et le prix, qui jouent un rôle exactement symétrique. On ne peut dire que deux échangeurs déterminent la quantité échangée en fonction du prix ou le prix en fonction de la quantité échangée, il y a symétrie entre les deux grandeurs. Mais quand de nombreux échangeurs sont mis en relation, ce qui est le phénomène de concurrence, *c'est par le prix* que s'influencent les échanges. La quantité

(1) C'est d'ailleurs par sa confusion à propos des effets des goûts (III, 39) que PARETO suggère ces pensées.

échangée au contraire n'acquiert pas d'uniformité et ne sert pas de lien.

L'uniformité qui s'établit du fait de la relation entre échange est donc une uniformité de prix. Elle est à son plus haut point quand l'influence des échanges les uns sur les autres est, elle aussi, à son plus haut point.

IV. — LES VARIATIONS DU SCHÉMA DANS LE TEMPS

A) Les trois éléments de la dynamique économique

25) *L'* « *Économie dynamique* ». — La détermination des grandeurs variables de l'économie, à partir des circonstances appelées « données » est une opération intellectuelle qui ne fait pas intervenir le temps.

Une des premières extensions de cette étude élémentaire consiste à voir comment le temps s'introduit dans cette étude. C'est ce que PARETO à la suite de WALRAS exprime ainsi :

« L'étude de l'économie peut se composer de trois parties : une partie statique, une partie dynamique qui étudie les équilibres successifs et une partie dynamique qui étudie les mouvements des phénomènees économiques » (III, 7).

A la vérité, ce que contient d'exact cette formule est gâché par la notion d' « économie pure » que PARETO a héritée de WALRAS et qui n'est que la revendication d'un caractère absolu pour les limites de leur travail, qui ne sont que conventionnelles. Les hypothèses faites par WALRAS et PARETO, les méthodes qu'ils ont employées, montrent qu'ils n'ont traité que « la partie statique de l'économie pure » ; ou plus exactement le premier débroussaillement fait par WALRAS et repris par PARETO s'est borné à un modèle réduit en dehors du temps, qui répond assez bien à la statique.

Ces auteurs se sont rendu compte qu'il y avait un pro-

blème de dynamique et PARETO dans la citation ci-dessus a même très bien défini deux des trois aspects qu'il comporte. Mais il ne l'a jamais abordé de front. Cependant, nous avons vu qu'il n'a jamais été très conséquent avec lui-même et qu'il a introduit l'action du temps là où elle ne devait pas intervenir : dans la construction ou dans l'application de son modèle instantané.

C'est donc autant dans les assertions de PARETO, que nous avons rejetées d'une étude statique parce qu'elles faisaient intervenir le temps, que dans quelques allusions à la dynamique que nous glanerons les éléments de « dynamique économique » de PARETO.

Mais l'apport de cet auteur — pas plus que celui de son maître — ne permet de construire une théorie de la dynamique : à ces éléments épars, il manque une ossature.

Et c'est fort heureux. Le principe d'équilibre de détermination comporte en effet *logiquement* une suite « dynamique » qu'il n'appartient pas à un auteur de concevoir à sa guise, sans aller à l'encontre de la logique. Aussi, ayant adopté — même sans s'en rendre très bien compte — le principe de l'équilibre de détermination, PARETO comme WALRAS, avait adopté par là même le principe de la « dynamique » de détermination.

Il n'y a donc qu'à dégager ces principes logiques pour avoir une ossature que l'on revêtira des éléments de dynamique épars dans le *Manuel* pour voir comment PARETO admettait — ou plus exactement était forcé d'admettre pour être logique avec lui-même — la « dynamique économique ».

***

26) *Divisions de la dynamique.* — Pour montrer comment le principe de la détermination entraîne logiquement sa dynamique, nous utiliserons une image : nous comparerons la détermination de la valeur à partir des quantités et

des utilités à celle de la pression d'une masse de gaz en fonction de son volume et de sa température (1).

Il n'y a là qu'une image, mais qui calque la démonstration logique, laquelle est fort abstraite. Une première étude de la nature amène le physicien à définir la pression d'une masse de gaz en fonction de sa température et de son volume ; de même PARETO a fini par adhérer à la détermination des prix à partir des quantités et des utilités (ou des goûts). L'une et l'autre n'ont pas fait intervenir la variable temps.

Passer à l'étude de la dynamique c'est, pour l'un comme pour l'autre, abandonner ce qui était trop grossier dans l'approximation de leur étude qui consistait à supposer la réalité indépendante du temps.

L'intervention du temps permet d'approcher la réalité de plus près par trois côtés différents :

1° On peut envisager le « mouvement », c'est-à-dire l'état du système qui n'est pas l'équilibre. Bien entendu, cette étude ne sera instructive pour l'équilibre qu'aux environs de celui-ci. Dans cette première étude, on suppose que les données n'ont pas changé (elles sont celles de l'équilibre), mais, pour une cause ou une autre, celui-ci n'est pas réalisé. Il tend alors à l'être. Cette propension à réaliser l'équilibre est un des aspects de l'équilibre qui ne peut être connu que quand on a étudié le non-équilibre ;

2° Au lieu de supposer les données constantes (volume, température) et de voir comment s'établira l'équilibre qui n'existe pas encore, on peut au contraire supposer l'équilibre existant et voir ce qu'il deviendra si on change les données :

a) Si le changement est brusque, c'est l'étude de la rupture d'équilibre.

(1) Voir la « notion d'équilibre physique » et aussi la « notion d'équilibre chez WALRAS ».

b) A certaines conditions, si le changement est très lent, c'est le phénomène du déplacement de l'équilibre, c'est-à-dire qu'aux nouvelles valeurs de la température et du volume correspond la nouvelle valeur de la pression qu'elles déterminent sans qu'il y ait déséquilibre.

Il est facile de voir que l'étude de chacune de ces hypothèses approche plus de la réalité qui se compose toujours de l'ensemble des deux phénomènes, équilibre non exactement établi et données variables ;

3° Les deux extensions sont les seules quand l'équilibre de détermination correspond naturellement à la réalité. Ainsi en physique, les notions de température, pression, volume sont indépendantes du temps, sans que l'on ait dû faire des sacrifices pour les dégager, parce que la matière inerte est à peu près indépendante du temps.

La notion de détermination en économie, au contraire, a dû éliminer certains phénomènes humains trop dépendants du temps. Il faut alors essayer de réintroduire ces phénomènes réels qui introduisent trop de « distorsion » dans le schéma.

Ces trois directions de prolongement de l'étude statique de l'économie forment ce que PARETO appelle la dynamique.

B) Le mouvement ou non-équilibre

27) *Les deux sortes de mouvements.* — Le mots de « *mouvement* » suggère malheureusement uniquement une image mécanique et c'est pourquoi il faut préférer « *non-équilibre* ».

Pour bien comprendre ce qui s'oppose à l'équilibre de détermination, il faut chercher dans l'équilibre physique comment le non-équilibre d'un gaz s'oppose au non-équilibre d'une bille.

Si une bille n'est pas un équilibre en une position, on peut néanmoins définir la position où elle se trouve. La position d'équilibre est une position de mouvement parmi les autres, qui a des propriétés particulières.

Si un gaz n'est pas à la pression d'équilibre, qui correspond au volume qu'il occupe et à la température à laquelle il se trouve, *il n'est pas à une autre pression ;* on ne peut pas lui déterminer de pression.

La position d'équilibre de la bille était de *même nature* que la position du mouvement : les unes et les autres étaient déterminées de la même manière.

La pression d'équilibre du gaz n'est pas de même nature que l'état de pression du gaz en non-équilibre. Elle est déterminée, il ne l'est pas.

C'est pourquoi nous avons appelé l'équilibre d'un gaz comme l'équilibre économique, un équilibre de détermination.

Pareto n'est pas arrivé à cette notion. Pour lui, le prix s'oppose à un autre prix. Il a été influencé par le raisonnement imaginaire de l'offre et de la demande et par les *variations de prix qui correspondent à des variations des données* et sont des déplacements de l'équilibre que nous étudierons plus loin ; il n'a pas vu que, quand les données (goûts, quantités) sont constantes, s'il n'y a pas le prix d'équilibre, il n'y a pas de prix du tout.

Cependant, Pareto a étudié, nous l'avons vu, une première notion d'équilibre qui n'était pas de détermination, bien qu'il ait prétendu : « L'économie politique comme beaucoup d'autres services ne s'occupe que des phénomènes généraux et moyens » (VII, 12). Il a en fait étudié un phénomène tout à fait particulier et isolé : l'échange, dans lequel il n'y a pas d'équilibre de détermination, mais un équilibre mécanique.

Il nous faut donc étudier, autour de la position de la première notion d'équilibre de Pareto, le mouvement

(analogue au mouvement d'une bille) et autour de la seconde notion d'équilibre, le non-équilibre (analogue à l'état d'un gaz qui n'est pas en équilibre).

***

28) *La première sorte de mouvement.* — Dans la première partie de son étude, PARETO n'a pas très bien dégagé la notion d'équilibre de celle du mouvement. Après avoir excellemment défini l'équilibre comme : « L'état qui se maintiendrait indéfiniment s'il n'y avait aucun changement dans les conditions dans lesquelles on l'observe », il continue, avec moins de bonheur « si, pour le moment, nous ne considérons que l'équilibre stable, nous pouvons dire qu'il est déterminé de telle sorte que s'il n'est que faiblement modifié, il tend immédiatement à se rétablir, à revenir à son premier état. Les deux définitions sont équivalentes » (III, 22).

Non, l'une définit la position d'équilibre et l'autre le mouvement autour de cette position.

On a vu que, pour des raisons de continuité, le mouvement des deux côtés de la position d'équilibre était *en général* de même nature, ce qui permet de dire pour simplifier : « La position est stable ou instable », au lieu de dire : « les mouvements des deux côtés de la position sont des rappels ou des écarts » (1).

PARETO rencontre la notion de stabilité quand il étudie la détermination de l'échange par l'intersection des dispositions à l'enchère. Il la retrouve d'une manière différente de WALRAS parce que sa notion d'équilibre est différente,

(1) Cette particularité provient de ce qu'on étudie un système formé
D'une position (position matérielle, prix) toujours déterminée ;
D'une force, c'est-à-dire d'une cause qui tend à faire changer de position et varie avec cette position, et que la force est toujours de même sens. Si bien qu'elle ne peut s'annuler qu'en des maxima ou minima. La pesanteur tend à faire aller vers le bas. L'homme cherche à acquérir une utilité plus grande.

mais c'est à l'occasion du même fait qu'il la retrouve. Pour lui, la variable est la « quantité d'échange » qui est plus ou moins poursuivie. Quand il y a équilibre, c'est qu'aucune force ne pousse l'individu à échanger, et la démonstration de PARETO même montre que cela ne veut pas dire que si l'échange était poursuivi, on reviendrait à l'équilibre, puisqu'il trouve très justement une position d'équilibre instable où les individus n'ont plus envie d'échanger mais dont ils s'écarteraient s'ils avaient échangé un tout petit peu plus ou un tout petit peu moins, comme une bille s'écarte du sommet d'une boule, si elle n'y est pas exactement, alors qu'elle y serait restée si elle y avait été exactement.

D'ailleurs, il n'est pas impossible de trouver des cas réels dans lesquels ce phénomène soit réalisé (1). Mais il ne subsiste pas dans l'étude d'un ensemble complexe qui n'admet que l'équilibre de détermination.

***

29) *La deuxième sorte de mouvement.* — Dans celui-ci l'équilibre apparaît comme un état idéal qu'on n'atteint pas, mais dont on se rapprocherait indéfiniment s'il n'y avait de perturbation dans les données (2).

Il y a donc également une force qui tend à réaliser cet équilibre. Mais là, cette force est la même quelle que soit la nature des sciences ; c'est une loi statistique car les équilibres de détermination ne sont jamais que l'appli-

(1) Ces cas sont dus au rendement croissant de la production par rapport à la quantité, quand l'« obstacle » production commence juste à ne plus s'opposer aux goûts grâce à ce phénomène.

(2) La lenteur à atteindre l'équilibre est appelée « viscosité » par M. DIVISIA. Le temps nécessaire est en principe infini, mais on peut considérer le temps suffisant pour que l'équilibre soit *approximativement rétabli*, c'est-à-dire que la sensibilité (voir plus loin) soit suffisamment petite. Mais l'on se heurtera alors à la difficulté de définir la petitesse de la sensibilité qui, comme on le verra dans la note de la page suivante, ne peut être représentée par un seul chiffre.

cation des lois du grand nombre : ils représentent l'état le plus probable.

On peut donc représenter le non-équilibre par :

1° La probabilité des états des systèmes ou une grandeur qui lui est liée. Les physiciens ont pris l'entropie. L'équilibre sera alors caractérisé par le maximum de cette grandeur ;

2° Une force naturelle qui pousse le système à réaliser au maximum la probabilité du système ou la grandeur qui lui est liée.

Or, dans PARETO, nous trouvons à la suite de WALRAS cette loi : « L'équilibre a lieu (en général) quand les membres de la collectivité jouissent du maximum d'ophélimité. »

Malheureusement, l' « ophélimité », forme de l'utilité, ne peut s'additionner comme l'entropie, car elle est un fait subjectif, et l'ophélimité de l'ensemble ne peut être liée à la probabilité.

Il y a néanmoins quelque chose d'intéressant dans cette règle que M. NOGARO a critiquée, non sans excès (1) et PARETO le souligne lui-même.

Étant donné des individus et des quantités de marchandises, chacun aura envie d'échanger. Chaque échange augmentera l'utilité pour chaque individu de marchandises obtenues par lui. Or, la libre concurrence permet de pousser cet échange le plus loin possible. C'est elle qui donne le maximum d'utilité et tout autre mode en donne moins (VI, 38).

Ceci montre qu'une seule obstruction à la libre concurrence (2) empêche *chaque* individu d'avoir son maximum

(1) NOGARO, *op. cit.*, p. 259. Il s'agit d'ailleurs d'une critique faite à WALRAS sur le même sujet.

(2) Mais ici, une obstruction à la libre concurrence n'est pas un manque de concurrence, mais une *mauvaise* concurrence empêchant l'homogénéité du marché. Nous avons vu que PARETO confondait les deux phénomènes. Un manque de concurrence, le monopole, par exemple, a peut-être pour

d'utilité. Mais elle empêche aussi de déterminer le prix.

Malheureusement ces maxima aussi nombreux que les individus sont bien difficiles à manipuler. Néanmoins, on peut lier la détermination du prix au maximum d'utilité pour un individu.

L'équilibre est donc l'état vers lequel tend un système en état de concurrence parfaite. Mais si la concurrence n'est pas parfaite, ou même si les phénomènes ne sont pas continus (phénomène de l'arrondissement au franc, par exemple), l'état vers lequel tend le système classique est donc différent de la détermination exacte (1).

***

C) Le déplacement de l'équilibre

30) *Le déplacement de l'équilibre proprement dit.* — Il y a une contradiction dans ce terme même de déplacement de l'équilibre : ou il y a équilibre, et il n'y a pas déplacement ; ou il y a déplacement et il n'y a pas équilibre.

Au fond, le déplacement de l'équilibre est une notion limitée, abstraite, pour passer de l'étude du non-équilibre quand les données sont immuables à celles du non-équilibre quand les données bougent.

Dans l'abstrait, il est très simple à concevoir : les prix étant déterminés par les quantités et les goûts, comment varie cette détermination quand les quantités et les goûts

effet de diminuer l'utilité de certains patrimoines, mais pas de tous. D'ailleurs, ces lois ne sont vraies que pour l'échange entre consommateurs car l'utilité du producteur échangeur est mal définie.

(1) M. Divisia appelle cette différence statique la « sensibilité ». Mais il faut prendre garde que ce phénomène est en général complexe. On en a eu une idée par la sensibilité d'une balance. Mais répétons-le, la sensibilité est un écart entre deux déterminations. En général, elle est la différence entre un état déterminé et un état déterminé. On n'en pourra rendre compte approximativement que par plusieurs nombres (écart moyen, dispersion, etc.) d'autant plus nombreux qu'on voudra mieux la représenter.

varient ? Il n'est pas besoin de réaliser effectivement cette variation. WALRAS s'était étendu assez longuement là-dessus. PARETO n'a pas repris les résultats de WALRAS.

Il a seulement envisagé le problème qui commande le précédent : comment les goûts et les quantités de marchandises varient ?

Les goûts varient par changement des individus (une génération pousse l'autre) et PARETO s'est très longuement étendu sur les problèmes de la population. Ils varient aussi dans un même individu d'un moment à l'autre, et nous avons vu que c'était le point faible de la grandeur « utilité ». De même, le progrès technique change les « obstacles ». L'évolution sociale change les circonstances des échanges. Enfin, et surtout, c'est ici qu'il faudrait réintégrer la consommation et le débit de la production et des services. Si PARETO a abusé de la comparaison des goûts dans le temps, il n'a pas été jusqu'à chercher à retrouver les grandes lois de développement des économistes anglais du XIX^e^ siècle.

« En général, dit-il, nous devons toujours distinguer entre les changements qui surviennent dans de courtes périodes et ceux qui surviennent dans de longues périodes. Dans la statistique économique, il faut, sauf des cas exceptionnels, étudier exclusivement les premiers » (IV, 27).

Mais il ne précise pas que le mal vient des « goûts », qui ne constituent pas une « grandeur » qui se conserve, et qu'il peut même dans certains cas être abusif de compter sur leur fixité à quelques heures d'intervalle, même pour un ensemble économique.

L'état réel de l'économie est à cet équilibre qui se déplace, ce que le non-équilibre dans des conditions données est à l'équilibre déterminé fixe. C'est dire que par la combinaison des deux hypothèses, on peut arriver à une représentation plus proche de la réalité, mais assez complexe : un état de déséquilibre perpétuellement entretenu

par des modifications des données qui ont deux effets différents :

1° Changer l'équilibre vers lequel tend l'ensemble économique ;

2° Créer par eux-mêmes une perturbation, car ils ne sont généralement pas effectués dans des conditions de lenteur extrême.

PARETO a eu une idée très nette du premier effet, mais il l'a exprimée dans un cas particulier, celui de l'entreprise, et dans le cas très simple d'un équilibre « mécanique » (V,II).

C'est ce qu'il appelle la « poursuite » qui graphiquement donne une courbe connue par les mathématiciens plutôt sous le nom de « courbe du chien ». Un chien se dirige vers son maître qui marche : il doit continuellement changer sa direction.

Mais le phénomène économique est beaucoup plus complexe : il est bien mieux rendu par un ballon contenant du gaz à 18° et en équilibre et auquel on donnerait l'énergie nécessaire pour être en équilibre à 19° (ce qui revient à changer les données) (1).

Ce système est caractérisé par les deux éléments suivants :

1° Le seul équilibre possible est celui pour lequel le gaz est à 19° ;

2° Mais l'état du système n'est pas l'état d'équilibre pour 19° : le gaz y tendra lentement. Or, la réalité est constituée d'apports successifs et discontinus d'énergie faisant ainsi évoluer l'état des gaz vers des états limites différents. A chaque instant, il sera en fait impossible de

(1) Bien entendu, on suppose que la transformation est adiabatique. Comme toute image, celle-ci n'est pas parfaite et l'exemple montre pourquoi : on ne peut pas dire : « mettons brusquement à 19° », car la température elle-même n'est pas définie, pas plus que la pression, alors que les quantités de marchandises sont toujours définies.

dire que le gaz a exactement une température ou une pression déterminée. Et l'écart avec l'état d'équilibre ne sera défini que par une différence d'entropie.

***

31) *La perturbation consécutive au déplacement.* — Pareto a fait également une analyse qui permet de se rendre compte de la manière dont le changement des données apporte une perturbation par *elle-même*.

Les économistes acceptent en général la notion de l'*homo economicus* sans restriction.

Pareto, lui, conditionne la logicité des actions humaines à leur répétition (III, 1).

C'est non seulement dire qu'aucune action humaine n'est vraiment logique puisque aucune action humaine n'est répétée dans des conditions identiques (notamment de goût) ; mais c'est aussi préciser comment le changement des données *par la nouveauté* qu'il apporte rend l'action illogique.

Ce n'est pas le seul effet : le changement des données rend en général imparfaits les éléments matériels de la concurrence : connaissance exacte des éléments du marché, possibilité pratique de se substituer à tout autre. Mais Pareto, n'ayant pas plus que Walras, analysé ces éléments de la concurrence parfaite, ne peut évidemment arriver à cette conclusion.

Il a néanmoins la notion de cette perturbation qu'il appelle « effet dynamique » qui résulte du passage d'une position d'équilibre à « une autre » et qu'il distingue soigneusement des « effets statiques d'une position d'équilibre quelconque » (VIII, 37), ce qui veut dire en langage courant que quand on change les données de l'économie, il ne faut pas confondre le nouvel équilibre qui en résulte avec certains aspects des perturbations.

D) Les distorsions de la réalité par rapport au modèle dans le sens du temps

32) *L'inertie.* — La troisième et dernière approximation est plus difficile à concrétiser. Les deux premières étaient relatives au principe de détermination : c'étaient les deux considérations de dynamique qu'engendre toujours une statique de détermination. Maintenant, au contraire, il faut nous rappeler qu'on a forcé la réalité pour la faire entrer dans un modèle statique et lui laisser reprendre ses droits.

Ceux-ci proviennent essentiellement de ce que certains effets ne sont pas instantanés, mais se font sentir avec un certain retard, avec une certaine inertie.

PARETO a excellemment analysé les mobiles qui pouvaient amener les entrepreneurs à s'organiser d'une manière plutôt que d'une autre. Les données changeant, l'entrepreneur change son programme, mais il ne s'en aperçoit pas tout de suite et ne change pas pour de petites différences. *De minimis non curat praetor*, pourrait-on dire : d'où la discontinuité très bien indiquée par PARETO de la courbe de poursuite (V, II) dont nous avons déjà parlé, que PARETO indique très bien.

Mais par contre, il ne signale pas le double effet de cette inertie qui est de prolonger dans le temps des dispositions de fabrication et de donner à l'équilibre un caractère non seulement discontinu, mais par certains détails, oscillatoire (1). C'est à cet effet de l'inertie que PARETO paraît rattacher les crises auxquelles il consacre un chapitre, il est vrai, uniquement descriptif : « Dans ses efforts pour s'adapter à la consommation, la production est tantôt en avant, tantôt en arrière et l'oscillation dans un sens est souvent la cause de l'oscillation en sens opposé » (IX, 77).

(1) Voir pour l' « inertie » et les oscillations l' « équilibre des physiciens ».

Et de même, dans une forme plus poétique que précise : « La crise est un cas particulier de la grande loi du rythme », laquelle domine tous les phénomènes sociaux (IX, 75).

***

33) *La spéculation.* — Une autre irrégularité qui provoque une « distorsion » de modèle, ce sont les manœuvres de spéculation sur un marché, dans le but d'obtenir des conditions dans des échanges ultérieurs, ce que PARETO a décrit sous le nom de « type II d'effets des goûts et de la production » (III, 45) et a placé à tort dans la statique, non sans hésitation. Il est à remarquer que la prévoyance sans manœuvre sur le marché n'introduit pas de distorsion, car, comme nous l'avons vu, le choix entre un bien actuel et un bien futur est une opération instantanée.

En ne faisant pas intervenir les services dans le modèle instantané, PARETO a évité l'inertie que l'on crée en considérant le coût de production du capital humain et de même le temps qui s'écoule entre l'appel à une plus grande population et la réalisation de cette augmentation. Il a assez finement analysé ces répercussions (chap. VII).

***

V. — CONCLUSION

34) PARETO n'a pas su choisir entre l'étude d'un détail et la vue d'ensemble. « L'économie politique », dit-il à la fin de son *Manuel* ne s'occupe que des phénomènes généraux et moyens. La météorologie peut nous dire la quantité moyenne de pluie qui tombe annuellement en une localité donnée : elle est et sera toujours incapable de renseigner sur le sort de chaque goutte de pluie individuellement » (VIII, 12).

Cependant PARETO a essayé de commencer l'étude de la météorologie par la mécanique de la goutte d'eau isolée

et de faire la théorie de l'échange, avant de voir en bloc un nuage, c'est-à-dire de parler du prix d'un marché. Il avait raison, pourtant, contre sa théorie. Les images sont toujours dangereuses en économie parce que les problèmes d'échelle y sont faussés pour la personnalité humaine.

Les actions humaines se déroulent en effet tantôt en pleine anarchie — et alors l'économie peut être comparée à la physique des gaz — tantôt « orientées » ou « dirigées » ou même groupées, quand un individu possède le pouvoir de décider pour de nombreux autres — et c'est alors à l'image de la mécanique (1).

Des notions qui seraient à des échelles différentes dans d'autres sciences doivent y être étudiées en même temps.

La dualité des notions de l'équilibre de PARETO n'est pas à lui reprocher. Au contraire, il en aurait parfaitement montré la nécessité, s'il avait été plus franc. Mais il a mis trop de discrétion à dire qu'il prenait une autre notion de l'équilibre quand il entrait dans une autre échelle de phénomènes, de même qu'il en avait trop mis à définir les obstacles du deuxième genre ou le caractère exact de producteur-consommateur. En outre, il donne à ses études une base subjective qui n'est pas dénuée d'intérêt, mais qui est bien la dernière à adopter quand on veut effectuer des calculs précis.

Nous avions dit que WALRAS, ayant basé sa théorie sur l'utilité, était un peu un colosse aux pieds d'argile.

PARETO n'est pas un géant. C'est cependant un grand bonhomme. Comme son maître. il a des pieds d'argile. Mais

(1) C'est à propos des crises que PARETO est encore le plus près de cette notion : « Le complexus économique est composé de molécules qui sont en vibrations continuelles... Ces mouvements peuvent se faire en sens divers, et dans ce cas ils se compensent en partie... Mais de temps en temps, il arrive que ces mouvements de complexus économique se font presque tous dans le même sens » et c'est la crise (IX, 73). Mais la coordination des mouvements des complexus économiques est de tous les jours et aussi fréquente que leur désordre élémentaire. Il n'y a jamais ni désordre absolu, ni de coordination absolue. Les phénomènes réels sont entre les deux.

il a mis de belles bottes de cuir pour les cacher, c'est-à-dire qu'il a revêtu d'un appareil mathématique la mesure des sensations (1) et il injurie le camarade littéraire qui n'a que des molletières éculées.

(1) De ce fait, PARETO, a laissé MARSHALL, puis toute l'école de langue anglaise, s'engager sur la voie, contraire à l'esprit scientifique, de l'utilité quantitative. Et ceci, malgré qu'il eût apporté les éléments pour bâtir sur l'expérience une théorie de l'équilibre.

Les courbes d'indifférence étant données, ou pouvant être données par l'expérience, on ne saurait reprocher aux analystes mathématiciens de considérer pour un individu une fonction U (x, y) où x et y sont les quantités de deux biens échangés l'un contre l'autre. On doit même leur reconnaître le droit d'appeler cette fonction utilité. On peut même admettre que, tout le long d'une courbe d'indifférence, la fonction U (x, y) ait une même expression qualitative. Enfin, les données expérimentales permettent de classer ces différentes expressions qualitatives dans un ordre déterminé U_1, U_2, ... U_n.

Mais c'est tout. La série des U_1, U_2, ... U_n, n'est qu'une série de classement qui permet de ranger sans ambiguïté un certain nombre d'éléments, mais ne donne aucun droit de considérer les expressions qualitatives U comme des quantités. Les fonctions U (x, y) ne peuvent être suivies du signe = que pour exprimer une même *qualité* pour deux valeurs différentes de x et y : U (x, y) = U (x', y'). C'est d'ailleurs un emploi abusif du signe = qui a contribué à troubler les esprits. Ces fonctions ne peuvent être en aucun cas ajoutées ou multipliées, ou même égalées autrement qu'entre elles. En un mot, ce ne sont pas des quantités. Telle est la limitation impérative qu'un minimum de logique impose à la nature de la fonction d'utilité.

Si nous considérons maintenant deux individus, disposant de deux biens, le premier en des quantités x, y, et le second en des quantités x', y', on peut de même représenter leur fonction d'utilité par U (x, y) et V (x', y'). Mais il faut se rappeler que ces expressions ne peuvent signifier que la possibilité de deux classements différents, l'un pour les U, l'autre pour les V.

La faute logique de certains économétriciens est de considérer une fonction de U et de V : F (U, V) comme si U et V étaient des grandeurs susceptibles de valeurs quantitatives. On a toujours le droit d'écrire un tel symbole, et même de l'appeler fonction d'utilité, mais il faut se rappeler que son emploi doit être strictement réduit à une classification des expressions F, et encore seulement pour des couples ou des séries d'expressions de U et V dans lesquelles une seule de ces deux expressions est changée. On ne peut même pas classer F (U, V) et F (U′ V′).

Mais il est tellement tentant d'oublier cette infirmité de la fonction F (U, V) et de se livrer sur elle au traitement habituel des fonctions de grandeurs quantitatives !

Le seul moyen correct de baser sur l'expérience un appareil déductif est de relier directement la fonction d'utilité pour plusieurs personnes aux quantités x, y, x', y', etc., de biens possédés par plusieurs individus sous la forme Z (x, y, x', y'). La fonction Z est de même nature que les fonctions U et V, et, dans les limites d'opérationnalité que nous avons déterminées pour ces dernières, peut servir de base valable à des déductions et à l'emploi d'un appareil mathématique. Il ne semble pas que cette voie ait été jusqu'ici largement exploitée.

TROISIÈME PARTIE

VERS UNE NOTION ÉCONOMIQUE DE L'ÉQUILIBRE

I. — LES LIMITES DE L'ANALOGIE PHYSIQUE

L'étude de l'équilibre chez Walras et Pareto montre tout le parti que l'on peut tirer en économie de l'analogie physique, mais elle en montre aussi les limites.

David Hume, en 1752, parlait de l'équilibre du commerce international. Mais il s'agit d'un domaine tout à fait particulier : c'était au demeurant une simple qualification sans prétention théorique. Turgot allait beaucoup plus loin et définissait l'équilibre comme une position telle qu'il résulte de son abandon un mouvement qui tend à rétablir l'état primitif. Enfin Walras a introduit la généralisation de la notion d'équilibre grâce à l'interpendance.

Dès Walras, on peut dire que la notion instantanée de l'équilibre était parfaite : la détermination des phénomènes économiques à un moment donné est conçue comme la détermination des éléments d'un système physique à un moment donné : l'analogie physique est complète. Il semble qu'elle ait mené l'analyse économique à une impasse.

Il faudrait plusieurs livres pour montrer les tentatives qui furent faites pour sortir de cette impasse, infructueuses en général, puis comment les économistes contemporains

admettent plus ou moins implicitement une notion biologique de l'équilibre : on se contentera de relever rapidement les étapes.

A) L'étude de la stabilité

Par deux points, la théorie de l'utilité marginale semble approcher la réalité plus près que l'école de Lausanne. G. Masci critique les principes mêmes de la théorie de l'équilibre et montre la supériorité de l'utilité marginale tant au point de vue de la cohérence que de l'explication des faits réels (1). Le premier point nous importe seul ici. Masci précise : « Les lois mathématiques ne sont pas des lois causales parce qu'elles ne concernent pas des phénomènes qui se succèdent dans le temps, mais des quantités abstraites. » G. Masci discerne ainsi les différents groupes fondamentaux des équations élémentaires de l'équilibre et reproche à l'école de Lausanne de ne pas avoir opéré ces discernements. C'est un reproche différent, mais pourtant d'une critique logique semblable, que nous avons fait dans les chapitres précédents à Walras et à Pareto d'avoir négligé l'étude des mouvements voisins de la position d'équilibre. Jusqu'à une époque récente, on n'avait pas vu les difficultés que cachaient les analyses de tels mouvements.

L'étude de la stabilité de l'équilibre qui est, comme nous l'avons vu, celle d'un mouvement, n'en est qu'une première approche qualitative : elle soulève pourtant des difficultés considérables que le Pr Samuelson a, un des premiers, analysées au moyen de l'appareil communément admis dans la physique et dans la mathématique contemporaines. La raison profonde de ces difficultés est que la notion d'équilibre recouvre une indétermination dont G. Masci avait eu l'intuition s'il ne l'avait pas formulée.

(1) Cité par François-Perroux, *Le Néo-Marginalisme*, éd. 1941, p. 60.

L'équilibre, comme nous l'avons vu, est une absence de mouvement, ou plus exactement de changement (1). Une même immobilité ou permanence constatée pourra donc être expliquée d'autant de manières qu'on pourra imaginer de mouvements ou de changements dont l'absence constitue précisément cet équilibre. En particulier, l'analyse de WALRAS et celle de MARSHALL ne se recouvrent pas.

Nous avons vu que pour WALRAS l'équilibre s'opposait à un mouvement de prix, d'ailleurs virtuel. Pour MARSHALL, il s'oppose à un mouvement de production. Le Pr HICKS résume très bien ce dernier (2) : « MARSHALL dit que l'équilibre de l'offre et de la demande correspondant au point d'intersection des courbes d'offre ou de demande est stable ou instable selon que la courbe de demande se trouve au-dessus ou au-dessous de la courbe d'offre juste à gauche de ce point, c'est-à-dire qu'une légère diminution de la production rend le prix de demande plus grand que le prix d'offre (3). » Le Pr SAMUELSON a montré que les conditions de stabilité n'étaient pas les mêmes dans ces deux conceptions. La notion d'équilibre de WALRAS et celle de MARSHALL ne sont pas seulement en opposition formelle : elles représentent chacune l'absence d'un mouvement différent.

En plus de cette ambiguïté, l'étude de la stabilité, c'est-à-dire l'étude des mouvements au voisinage de l'équilibre, souffre d'une autre indétermination. En général, quand un système économique est perturbé, non seulement il s'écarte de sa position d'équilibre, mais cette dernière elle-même est changée. Il faudrait donc étudier à la fois les variations

(1) Cf. plus loin, p. 227, *L'équilibre du circuit.*

(2) *Value and capital,* chap. V, § 1, en note.

(3) CHAMBERLIN (*The theory of monopolistic competition,* p. 12) signale que le prix d'équilibre n'est pas en général le prix d'égalisation (equating price), sauf dans le cas de la concurrence pure. Mais il précise qu'il n'étudie pas la distinction entre prix de marché et prix normal, distinction qui fait l'objet des lignes ci-dessus.

de l'équilibre et les mouvements de rappel vers la position d'équilibre, puis synthétiser les deux analyses en une étude du mouvement de rappel vers un équilibre déplacé (1).

Ce résultat obtenu, il ne faudrait pas s'en exagérer la portée. Il ne serait valable que dans la mesure où la perturbation est légère. L'étude de l'équilibre, en effet, ne dispense jamais d'une cinématique, c'est-à-dire d'une approche autonome du mouvement.

B) Les généralisations formelles

Certains ont cru, par l'étude de la concurrence imparfaite, des monopoles ou des comportements non rationnels, sortir des limites que WALRAS avait apportées à l'étude de l'équilibre. Il n'en est rien. Ce ne sont là que des généralisations formelles restant dans l'esprit de la théorie initiale.

Le mécanisme de l'équilibre chez WALRAS est la détermination des prix du marché de telle sorte que l'offre effective soit égale à la demande effective par suite de la somme des réactions individuelles. Peu importe que les auteurs modernes aient compliqué les données de WALRAS : d'une part la concurrence peut ne plus être ni pure, ni parfaite (2) ; on peut y trouver tous les cas allant de la concurrence parfaite au monopole ; d'autre part, le comportement de l'individu peut ne plus être celui d'un *homo oeconomicus* : peu importe, il s'agit toujours de placer un individu dans un milieu donné et de déduire l'action qu'un comportement donné de cet individu entraîne sur

(1) Il ne s'agit pas de l'équilibre mouvant de MOORE qui n'est pas un mouvement hors de la position d'équilibre, mais l'équilibre relatif d'un système complexe assez analogue à la notion physique correspondante (cf. ci-dessus, p. 21).

(2) CHAMBERLIN (*op. cit.*, p. 26) signale que les éléments du monopole changent la définition de l'équilibre, mais non la facilité avec laquelle il peut être atteint. C'est donc dans l'imperfection seulement (absence de mobilité des ressources, connaissance imparfaite du marché) que le principe de l'équilibre serait modifié.

ses propositions d'offre et de demande. Une telle généralisation souffre des difficultés. D'une part, nous ne possédons pas de théorie générale de l'équilibre dans les hypothèses de la concurrence monopolistique et de la concurrence imparfaite. En outre, les effets des conditionnements font apparaître autour de la décision individuelle des zones d'indétermination que le Pr Perroux a décrites dès 1943 au moyen de courbes épaisses (1).

Malgré tous ces perfectionnements, la notion physique de détermination de Walras reste entière et souffre la même critique : son inaptitude à l'étude d'un mouvement.

C) Les plans individuels et la prévision

Les économistes contemporains ont essayé de s'affranchir de cette difficulté et de trouver un moyen d'étudier le déroulement dans le temps tout en restant dans la logique de l'équilibre de détermination. On aurait pu croire, en particulier, qu'échappe à ces reproches l'analyse, d'ailleurs fort différente, des plans individuels : l'équilibre a bien lieu instantanément, mais entre des biens actuels et des plans, c'est-à-dire des estimations de désirs futurs. L'évolution du système dans le temps sera possible sans rupture d'équilibre si les plans faits par chaque agent économique sont compatibles et concordants. Les conditions d'une évolution équilibrée seraient donc la compatibilité des plans, qu'on ne saurait en particulier assurer que par la prévision parfaite (2).

(1) François-Perroux, *Cours d'économie politique*, t. III, 2e édit., p. 222 et 226.

(2) On ne saurait juger en quelques lignes une théorie aussi récente. Il est impossible cependant de ne pas insister sur l'apport réel qu'elle fournit à la notion de l'optimum économique et que Hicks a signalé.

La notion d'optimum économique est souvent confondue avec celle d'équilibre. En réalité, un équilibre étant déterminé par un comportement individuel et un état de marché, l'optimum économique est l'équilibre assurant le maxi-

La théorie des plans est encore dans l'enfance, qu'il s'agisse des plans des unités individuelles ou des unités globales. Mais il ne semble pas qu'elle permette un jour de sortir de l'impasse walrassienne : elle ne fait que reculer la difficulté. La prévision parfaite suppose en effet la prévision de tous les éléments des marchés futurs, y compris celui des comportements individuels et, en particulier, la connaissance de toutes les prévisions des autres. On se heurte toujours à l'inaptitude de l'utilité (ou plus généralement du comportement individuel) à constituer une donnée dans le temps.

D) L'apport du calcul des probabilités

C'est donc bien ce problème qu'il s'agit de résoudre : faute de quoi la logique de l'équilibre walrassienne n'aura pas avancé d'un pas. Tout espoir n'est d'ailleurs pas perdu dans ce sens, car si les réalités humaines ne souffrent pas de détermination ponctuelle et certaine, elles peuvent être affectées d'une valeur probable. Il n'est donc pas impossible de déterminer l'évolution la plus probable du comportement d'un individu, les processus économiques individuels étant assimilables à des jeux, au sens où NEUMANN les a étudiés ; jeux dans lesquels il y a des meneurs, même

mum de satisfaction parmi ceux résultant pour un même comportement des différents états du marché.

En particulier, si le comportement admis est celui d'un *homo oeconomicus*, M. ALLAIS, prolongeant les travaux des classiques, a montré que dans le cadre d'un équilibre instantané, le marché à prix libre et concurrence parfaite était celui qui assurait l'optimum ou tout au moins un optimum parmi d'autres. C'est d'ailleurs cette considération instantanée qui conduisait ces économistes à une tendance libérale en politique économique.

Mais la théorie des plans laisse entrevoir qu'une prévision parfaite est aussi nécessaire qu'une concurrence parfaite à l'évolution de l'optimum dans le temps.

Le déplacement optimum de l'équilibre demanderait donc une économie qui garantisse à la fois le libre jeu des prix et la cohérence des plans individuels. Et c'est pourquoi suivant que l'on met l'accent sur la première ou la seconde de ces nécessités, on penche pour un système libéral ou dirigiste.

involontaires, comme l'a précisé le Pr François-Perroux (1). Les règles de ce jeu sont fonction elles-mêmes du temps, dépendant tant des circonstances matérielles que des réactions psychologiques des partenaires.

Certes, l'apport probabiliste, en théorie économique, est encore bien petit. Après la première étape des travaux de Masse, il a été amorcé par von Neumann, au sujet duquel M. G. Th. Guilbaud distingue deux tendances :

a) L'équivalence asymptotique entre le hasard et la ruse (two persons game) qui permettra peut-être de faire une place à l'aléatoire en théorie économique ;

b) Une théorie logique du contrat et du combat sociaux, où l'aléatoire ne joue pas le rôle essentiel ; cette théorie est le point de rencontre possible entre les travaux de Morgenstern et du Pr François-Perroux.

La plupart des commentateurs de von Neumann ont surtout insisté sur l'apport que son étude procurait à la statique. Mais il n'est pas interdit d'espérer y voir dans l'avenir une solution au problème de la compatibilité des plans et, par cette voie, une approche possible de la dynamique.

*
* *

II. — LES PROMESSES DE L'ANALOGIE BIOLOGIQUE

A) Les précurseurs

Il est intéressant de noter que les travaux de von Neumann sont tout à fait analogues à ceux des savants qui s'efforcent de franchir le seuil séparant l'échelle des phénomènes physiques et l'échelle des phénomènes biologiques. Ainsi, en économie, l'analogie physique n'aura donné sa mesure qu'en devenant biologique.

(1) *Economie appliquée,* n° 2, « Esquisse d'une théorie de l'économie dominante. »

Mais la notion biologique de l'équilibre économique n'est pas plus récente que la notion physique ; au contraire, c'est par une vue d'ensemble des phénomènes de la production, de la consommation et des échanges assez proche d'une analyse ou tout au moins d'une terminologie biologique que notre discipline acquit avec QUESNAY, un médecin, droit de cité dans l'étude scientifique. Comment se fait-il donc que cette manière de voir ait été abandonnée pendant plus d'un siècle ? Le Pr LEONTIEF l'explique ainsi :

« Il y a cent cinquante ans, quand QUESNAY publia pour la première fois son fameux schéma, ses contemporains et disciples l'acclamèrent comme la plus grande découverte depuis les lois de NEWTON. L'idée de l'interdépendance générale parmi les diverses parties du système économique est devenue actuellement la véritable fondation de l'analyse économique. Cependant, quand on en vient aux applications pratiques de cet outil théorique, les économistes doivent se reporter tout comme QUESNAY à des exemples numériques fictifs ! Quel serait l'état actuel de la théorie et de la politique du commerce international si, au lieu de balances réelles du commerce extérieur, les économistes avaient eu à baser l'analyse sur des données hypothétiques augmentées de quelques rares infrastructures statistiques (1) ? »

C'est le manque de moyens d'observation à l'échelle de l'ensemble qui a amené les économistes à s'occuper des questions de détail en elles-mêmes. Pour employer les termes actuels, la micro-économie ne pouvait se prêter facilement à des analogies venant de la biologie : cette dernière a pour caractéristique de saisir d'emblée un individu, dont les divers organes forment un tout. Tout récemment, au contraire, le physique s'étudiait par raisonnement sur des parties infinitésimales dont on

(1) W. LEONTIEF, *The structure of American economy.*

sommait les actions ; elle n'est devenue biologique qu'en abordant l'atome, l' « insécable ». Au cours d'une émission radiodifusée opposant physiciens et biologistes pour l'emploi dans leur science du calcul des probabilités, le prince DE BROGLIE fit le point en citant ce mot d'un physicien anglais : une vache est, pour un biologiste, à l'échelon atomique. En économie, il y a deux échelons atomiques : l'individu et le marché qui, souvent, s'étend aux frontières nationales et internationales.

Il faut donc à la fois étudier l'économie comme un ensemble d'individus « atomiques » et comme un seul atome ; si la première approche est physique, la dernière est essentiellement biologique.

MARSHALL avait eu cette intuition, et il vaut la peine de citer un extrait de la préface de la 4e édition de ses *Principes* :

« L'emploi fréquent de la phrase *équilibre de la demande et de l'offre* dans les livres V et VI a fait croire à certains lecteurs que les problèmes économiques sont traités dans cet ouvrage d'après la méthode de la mécanique. Il est vrai que leur analogie avec la mécanique est bien plus simple que celles qu'elles offrent avec la biologie, aussi rendent-elles plus de services aux premiers échelons de l'analyse économique. Mais l'introduction historique et les discussions que contient le livre sur l'objet et la méthode de notre science ont eu principalement pour but d'insister sur le caractère essentiellement organique des grands problèmes dont nous cherchons à nous approcher. »

L'auteur des *Principes* a donc senti que les raisonnements micro-économiques le menaient à des analogies physiques ; mais les données expérimentales même les plus sommaires lui manquaient pour penser en biologiste, quel qu'en fût son désir.

B) Le raisonnement sur les quantités globales

L'analyse biologique a présidé en économie à diverses recherches parmi lesquelles on retiendra : le raisonnement par quantité globale, les diverses figurations du circuit, l'approche structurelle de l'équilibre général en économie et enfin les croissances équilibrées.

Depuis MARSHALL, les méthodes statistiques ont permis de donner à l'économiste les éléments nécessaires à une vue d'ensemble de l'économie. Il eût pu sembler que les calculs des quantités globales permissent aux successeurs de MARSHALL d'affronter de plein pied l'économie dans toute sa complexité et de pouvoir utiliser plus facilement les analogies biologiques.

Malheureusement tout s'est passé comme si l'on avait voulu transposer purement et simplement la notion élémentaire de l'équilibre à l'étude de l'ensemble économique. En particulier, on a considéré trop souvent un équilibre des quantités globales sans voir que le phénomène en question n'avait aucun rapport avec le mécanisme de l'équilibre d'un marché.

La première manifestation de cette confusion entre équilibre et ajustement (1) est le raisonnement global sur la *production* et la *consommation* qui doivent s'équilibrer par l' « ajustement des stocks ». Nous avons vu plus haut comment les conceptions de l'équilibre n'étaient pas les mêmes chez MARSHALL et chez WALRAS.

Mais la différence est aussi dans le mécanisme logique de l'équilibre. Plus exactement MARSHALL adopte successivement deux notions différentes de l'équilibre. Pour l'étude de l'offre et de la demande normales, c'est-à-dire d'un équilibre que les forces économiques tendent à créer

(1) Le terme « ajustement » est du Pr FRANÇOIS-PERROUX dans l'article cité plus loin.

à la longue (1), il emploie le même appareil que pour l'équilibre temporaire de l'offre et de la demande sur un marché instantané. Toutefois, les grandeurs mises en rapport sont différentes : dans le cas d'un marché, MARSHALL suit WALRAS et utilise des concepts reposant sur la possibilité de l'expérience-choix : à tel prix, n personnes vendraient p objets et n' personnes en vendraient p'. D'où la possibilité d'exprimer ces expériences éventuelles en courbes (ou fonctions) où les quantités offertes sont fonction du prix.

Dans le cas de la production courante, MARSHALL se base sur l'étude globale de la production et de la consommation sur une grande période de temps et sur la possibilité expérimentale de vérifier qu'un prix donné entraîne à long terme une consommation donnée. Alors il exprime de même les quantités en fonction des prix. La relation signifie encore qu'à tel prix s'établirait telle consommation ou telle production.

Mais le mécanisme même de cet établissement est différent. Dans le cas d'un marché, il est basé sur la notion de « clearing the market » c'est-à-dire sur une nécessité logique d'identité : il faut qu'il y ait autant de choses vendues que de choses achetées. Au contraire, dans le cas de la production et de la consommation globales, il est basé sur l'attitude des acheteurs et des vendeurs en face du mouvement des stocks. Il ne s'agit plus de nécessité logique et rigoureuse : la précision du mécanisme est à l'échelle de la précision du concept : c'est en réalité un ajustement aléatoire.

S'il n'y a plus de nécessité rigoureuse, mais seulement tendance à l'égalité entre la production et la consommation, le niveau commun de l'une et de l'autre *n'est plus déterminé :* c'est la confusion des deux logiques qui a conduit à donner

(1) MARSHALL, *Principes*, Liv. V, chap. III, t. II, p. 38.

aux courbes marshalliennes plus de valeur qu'elles n'en ont. Là encore, l'absence d'études précises du mouvement autour de la position d'équilibre a facilité l'erreur. Il ne suffisait pas de montrer que l'écart de la position d'équilibre engendrait un mécanisme de rappel : il fallait montrer que ce mécanisme était plus rapide et plus efficace que les autres conséquences du déséquilibre.

WALRAS ne s'était pas heurté à cette objection, puisque son déséquilibre était théorique et son équilibre une nécessité logique.

Les théories plus récentes consistent à lever l'indétermination dont MARSHALL n'avait pas vu toutes les conséquences ou, plus exactement, à trouver un mécanisme qui conditionne dans la réalité le niveau de la production plus rapidement que celui des courbes marshalliennes. On a d'abord essayé de transposer l'ajustement par les stocks en ajustement de stocks monétaires ; puis on a cherché des causes indépendantes.

Les crises économiques sont un exemple de cette insuffisance de l'ajustement. Malheureusement, on a plus insisté sur leur prétendue régularité et on les a trop souvent étudiées d'une manière autonome, indépendamment de l'équilibre de la production.

Pour trouver un ajustement plus rapide que l'influence des stocks, il faut une étude dynamique de l'économie. C'est ce qui explique que les auteurs modernes ont recours à des développements dynamiques, en particulier à la monnaie, avant de pouvoir déterminer l'équilibre statique de la production et de la consommation. Il est logique que l'étude des cycles précède celle de l'équilibre. En réalité, c'est la notion même d'équilibre statique qui est incompatible avec la notion de production : et cette incompatibilité est toute exprimée dans le temps nécessaire à l'ajustement des courbes. Seule la confusion de ce mécanisme avec la logique de WALRAS a amené

Marshall au schéma impropre de l'équilibre normal (1).

La différence entre équilibre et ajustement qui a été négligée dans les théories s'impose dans toute politique pratique. Un travail sur des quantités globales ne peut souvent être qu'une vérification de concordance possible et non une étude des conditions nécessaires à l'établissement effectif d'une situation économique (2). En réalité, la construction d'un plan ou d'un programme revient à bâtir un modèle cohérent d'économie instantanée et même d'évolution économique, parmi d'autres. Encore faut-il préciser que cette cohérence n'existe que parce qu'on néglige certains facteurs. Aurait-on en mains toutes les données du présent et de l'avenir, un seul modèle serait cohérent : celui qui se réalisera. L'absence de certaines données conduit à permettre la construction de modèle compatible avec les données qui restent ; aussi, par définition, il n'y a pas moyen de choisir entre les modèles puisque leur multiplicité même provient du manque d'information. En réalité, tout travail de planification en économie semi-dirigée n'est que l'élimination de certaines contradictions internes, à laquelle s'ajoute une impulsion assez imprécise, donnée à l'économie nationale (3).

C) L'équilibre du circuit

L'adaptation de la notion d'équilibre en biologie a, comme nous l'avons vu (4), étendu la notion de mouvement

(1) Cette confusion continue d'ailleurs à se manifester dans toutes les approches statiques de l'égalité des quantités globales. Il est caractéristique que Keynes raisonne sur des courbes qui s'ajustent à la façon de celles de Marshall.

(2) L'article du Pr François-Perroux *Les Incertitudes du contrôle des quantités globales* dans *Economie appliquée*, n° 1, est fondamental à ce sujet.

(3) Cf. F.-Perroux, *Economie appliquée*, n° 2, « Les incertitudes du contrôle des quantités globales ». L'auteur analyse en théoricien l'étude des quantités globales vues ici sous l'angle du praticien. Il met en doute l'existence d'un critérium rationnel de détermination du niveau possible ou souhaitable d'une seule quantité globale.

(4) Cf. *supra*, p. 52.

à toutes les variations possibles et celle d'immobilité à toutes les constances. En particulier, la notion de circuit sans évolution dépasse la conception physique de l'immobilité et provient tout naturellement de la conception biologique d'un individu (1).

Le « circular flow » d'Alvin HANSEN en est une expression et le Pr FRANÇOIS-PERROUX a heureusement consacré un paragraphe au circuit « sans évolution » (2).

Mais l'équilibre d'un circuit paraît toujours être un équilibre partiel qui fait partie d'un équilibre plus général. Un circuit suppose un contenant dans lequel se produit le mouvement et ce contenant participe lui-même à l'équilibre général : aussi, avons-nous vu qu'il y avait quelquefois quelque arbitraire à considérer ces équilibres partiels indépendamment de l'ensemble (3).

Il y a d'ailleurs d'autres conceptions de l'équilibre que le circuit : toute généralisation de la notion de l'immobilité à la constance d'une structure peut donner prise au concept d'équilibre. Mais l'idéal de la pensée biologique reste toujours de considérer l'ensemble d'un individu et de définir la constance de son organisation entière comme un équilibre.

D) **L'équilibre général d'une organisation**

Une vue synthétique de l'économie, permettant d'arriver à une notion biologique de l'équilibre serait celle qui permettrait de voir toutes les réactions de l'ensemble de l'individu à une atteinte dans un seul de ses organismes.

(1) M. G. Th. GUILBAUD revendique pour la physique cette dernière conception et cite comme exemple le mouvement régulier des astres. Il est certain que ce dernier a été depuis longtemps à la base d'une intuition de régularité et de constance d'un ensemble en équilibre. Mais l'étude d'un individu, avec ses possibilités de déséquilibre et de retour à l'équilibre, est combien plus riche.

(2) F.-PERROUX, *La Valeur*, chap. II, sect. 2, div. 2, § 2.

(3) Cf. ci-dessus, p. 59.

L'étude pragmatique du Pr Leontief (1), répond entièrement à ces exigences. Quelque paradoxal que cela puisse paraître, les développements mathématiques complexes auxquels il se livre et qui nécessitent l'emploi d'une machine à calculer électronique sont plus près de la notion biologique qu'aucun autre travail.

Dans le modèle le plus simple d'une production de biens de consommation absorbés par des consommateurs, M. Leontief distingue deux sortes de biens économiques : en premier lieu, des relations déterminées par la structure des activités liant les éléments nécessaires pour la production de ces activités à l'ensemble des biens de consommation à obtenir : ce sont en quelque sorte les coefficients techniques de production ; en outre, des relations déterminées par la structure de distribution des flux de revenus liant les consommations effectivement demandées par les détenteurs du pouvoir d'achat formé par les revenus provenant de la production.

Le raisonnement de M. Leontief a pour base l'hypothèse que pendant certaines périodes, des relations lient les flux entrant et sortant, aux bifurcations de la production et de la consommation ; c'est-à-dire que pendant cette période on peut considérer comme variables les quantités de facteurs de production et des résultats de la production, mais que des relations lient les uns aux autres. Et, de même pour la transformation d'un flux de revenus en démande effective.

Cela revient à prêter à certains éléments de l'économie plus de constance qu'à d'autres et à construire un schéma de l'économie dans lequel les premiers coefficients de production sont invariables pendant que les seconds peuvent

(1) L'étude des structures économiques a été décrite par le Pr Leontief : 1° Dans deux articles de la *Review of Economic Statistics*, 1936 et 1937 ; 2° Dans son livre : *Structure de l'économie américaine*, paru en 1941 ; 3° Dans deux articles du *Quarterly Journal of Statistics*, févr. 1943 et févr. 1946.

être changés. La structure des premiers éléments est supposées inchangées par hypothèse, ce que l'on représente souvent par la locution « toutes choses égales d'ailleurs ». Cette conception de l'économie est toute biologique : dans un organisme, en effet, les constances nécessaires à la vie sont elles-mêmes variables et sujettes à évolution. Le nombre des relations à supposer n'est pas défini une fois pour toutes : M. LEONTIEF a fait remarquer que ce qui caractérise l'étendue du schéma, c'est le nombre de relations prises en considération. L'on pourra déterminer, en fonction de données *a priori*, autant de grandeurs que l'on aura admis théoriquement et calculé pratiquement de fonctions.

On peut trouver qu'une telle méthode est entièrement empirique. Mais l'auteur prétend que c'est dans la nature même de l'équilibre économique : celui-ci est trop compliqué pour donner prise à une appréciation intuitive. Selon lui, l'intuition n'est possible que pour rendre compte d'un point de détail (1) et la théorie économique générale échappe à la compréhension intuitive : elle est un domaine réservé à l'algorithme mathématique (2).

C'est vrai si l'on veut arriver à une intuition de l'ensemble par l'analyse de tous les détails. Mais c'est précisément le propre de la biologie que d'arriver directement par l'intuition à la notion d'individu sans avoir à embrasser le détail de tous les mécanismes qui le composent.

(1) « Dans le cas de l'analyse partielle qui opère avec deux ou trois variables simultanées, l'interrelation entre ces quelques éléments peut être perçue directement. Mais de telles intuitions deviennent pratiquement impossibles dès que le nombre des variables dépasse 4 ou 5, pour ne pas dire 10 ou 20. » LEONTIEF, *op. cit.*, p. 34.

(2) « Les critiques de la théorie de l'interdépendance manquent rarement de mentionner que dans son état actuel, et sur la base des données existantes, cette théorie ne peut actuellement tenir tête à l'extrême complexité des processus économiques réels. Mais alors..., ces critiques essaient de résoudre, ou au moins d'interpréter ces mêmes problèmes compliqués en se reposant sur leur propre intuition de bon sens et des conceptions bornées d'équilibres partiels telles que glissement, élasticité de substitution relations, etc. ». LEONTIEF, *op. cit.*, p. 34.

M. G. Th. Guilbaud pense que le point de vue global ou intégral n'est pas le privilège des biologistes et donne comme exemple la théorie des ondes ou des équations aux dérivées partielles. Mais le propre de la biologie parait être d'accepter l'échelle de l'individu comme une première approximation. C'est plus un état d'esprit qu'une méthode. Si le Pr Leontief refuse à l'intuition le domaine de l'équilibre général, c'est parce qu'il aborde celui-ci par voie analytique. La biologie nous apprend au contraire à considérer l'équilibre économique comme un tout dont il faut prendre conscience avant d'en connaître les détails. Et ce tout aura un comportement propre.

E) La croissance équilibrée

Il n'y a pas que l'équilibre dynamique qui caractérise l'équilibre biologique ; il y a aussi la croissance équilibrée.

Tout phénomène vivant a un passé et l'économie n'échappe pas à cette loi. A l'échelle individuelle, l'utilité de l'objet est une notion instable ; l'économie classique n'a pas logiquement dégagé de notion de valeur valable dans le temps en partant d'une analyse élémentaire : de Walras à Schumpeter, la gageure était intenable. Nous avons assez critiqué cette impuissance de la théorie pour pouvoir reconnaître que néanmoins la valeur est une donnée sociale : il est certain qu'on ne peut l'approcher par une analyse individuelle, mais à l'échelon global, on doit constater que la valeur d'échange, ou le prix de revient d'un objet garde une influence un certain temps après que celui-ci a été vendu ou fabriqué : à l'inverse du hasard inorganisé, les structures économiques ont une mémoire.

Cette permanence de l'échelle des grandeurs économiques n'est pas acquise : elle peut disparaître ou tout au moins s'atténuer comme la mémoire chez certains malades. Il n'est pas sûr qu'un tel mal ne soit pas le principal dont

la France souffre actuellement. Mais elle constitue néanmoins l'élément central de l'équilibre économique. Celui-ci sera donc certainement caractérisé par une irréversibilité de principe, plus proche de celle de la croissance organique que de l'entropie physique (1).

Une telle permanence doit se concilier avec les données de l'évolution économique à long terme : la population, le rendement technique, la consommation globale. Après les compilations statistiques de Colin Clark, une théorie autonome des relations entre ces variables a été faite par M. Fourastié (2), mais la théorie de la croissance équilibrée ne peut être établie uniquement en partant des observations de grandeur de long trend, et la synthèse des diverses approches reste à faire.

*
* *

« Tant que la synthèse entre théorie macrocosmique et théorie microcosmique ne sera pas accomplie, il demeurera avisé de considérer la première comme une moitié seulement de la théorie économique, dit le Pr François-Perroux (3). » Mais c'est aussi vrai de la seconde, malgré une élaboration beaucoup plus poussée et un passé beaucoup plus riche.

La caractéristique du domaine économique, comme du domaine social, est qu'il comprend à la fois des atomes inorganisés et des organisations constituant à elles seules un échelon atomique, comme la vache du prince de Broglie. Aussi, l'approche globale est-elle insuffisante à elle seule, de même que l'approche individuelle. Certaines décisions individuelles n'interviennent que par leur action

(1) Certains auteurs ont tenté de rapprocher les points de vue. En particulier Wiener assimile la connaissance à une entropie négative (cf. *Cybernetics*).

(2) Jean Fourastié, *Le Grand Espoir du XXe siècle*. La pensée de M. Fourastié va fort au delà des résultats statistiques de M. Colin Clark.

(3) *Economie appliquée*, n° 1, p. 23.

d'ensemble, d'autres ont une action directe et précise.

L'unité de la science économique ne sera réalisée que quand elle aura fait, pour son usage personnel, la synthèse de ces deux approches. Alors, elle pourra rendre à la physique et à la biologie leurs modes de penser : elle pourra alors s'installer dans ses meubles. Entre les deux prennent place des structures intermédiaires comportant l'influence dominante, mais non pas exclusive, de certaines organisations. Et nous voyons déjà les notions physiques et biologiques de l'équilibre, distinctes au début, entremêler leur prolongement commun.

Mais si l'économie a du mal à se dégager des analogies avec les autres sciences, ce n'est que parce qu'elle est en crise de croissance : elle sera bientôt adulte, ce qui ne veut pas dire qu'elle ne soit perfectible, mais qu'elle pourra se diriger d'elle-même, avec ses propres méthodes. Alors, l'analogie physique qui handicape les analyses classiques, l'analogie biologique qui est amenée par les raisonnements plus modernes se fondront ensemble dans une seule notion harmonieuse et, abandonnant le véhicule métaphorique emprunté à d'autres sciences, la pensée économique pourra s'organiser autour d'un concept aujourd'hui indéterminé, mais qu'elle précisera peu à peu : la notion de l'équilibre économique.

Lu, et jugé digne d'être présenté
pour la soutenance :
Paris, le 19 avril 1947,
Le Président de Thèse,
François Perroux.

Vu : *Le Doyen de la Faculté de Droit,*
L. Julliot de La Morandière.

Vu, et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris.
G. Roussy.

APPENDICE

LES DIFFÉRENTS NIVEAUX D'INFLATION

1. Une application intéressante des analogies physiques et biologiques se trouve dans l'approche de l'étude de l'inflation. L'inflation apparaît généralement comme un phénomène complexe, doué de multiples aspects particuliers : déséquilibre budgétaire, augmentation de la circulation (ce qui correspond au sens étymologique), hausse du niveau des prix et des salaires, avilissement du taux de change. Certains économistes ne s'attachent qu'à un de ces aspects ; d'autres, avec une pensée moins succincte, considèrent bien qu'il s'agit là d'un phénomène d'ensemble, mais, intéressés plus particulièrement par un des aspects de l'inflation, veulent y voir l'origine des autres manifestations. C'est ainsi que le déséquilibre budgétaire est souvent considéré comme la cause de tout mouvement inflationniste.

Plus scientifique, un troisième groupe d'économistes se contente de décrire, dans les expériences monétaires connues, les différents problèmes et montrent qu'à certains moments, un indice précédait les autres dans les mouvements de hausse. C'est en particulier la position de M. Fourastié dans son étude de l'inflation allemande de 1923.

Allant plus loin dans l'analyse, d'autres pensent que cette suite représente une constante de l'économie, et sans en chercher une analyse détaillée, prétendent voir dans cette succession immuable une loi économique. Ils espèrent trouver une mesure de la dégradation des systèmes monétaires dans l'observation des différents stades atteints. C'est ainsi qu'on a jugé que l'inflation était « galopante » en France en décembre 1947, parce que les prix étaient en tête du mouvement et ceci malgré que l'indice des prix soit resté constant de novembre à décembre. En réalité, de telles comparaisons négligent les différences entre les diverses expériences monétaires : l'absence de contrôle des changes en Allemagne, en 1923, suffit à invalider tous les enseignements que l'on pourrait tirer sans analyse suffisante des phénomènes qui ont eu lieu alors.

Cependant, il est hors de doute que l'inflation est un phénomène unique, présentant des manifestations extérieures multiples. Comment la définir ? Nous proposons l'analyse suivante, basée sur la conception de l'équilibre économique.

***

2. L'équilibre d'un système monétaire est comparable à celui d'un organisme : il est unique, mais présente divers équilibres partiels ayant chacun leurs caractéristiques. Ces équilibres partiels sont des positions moyennes autour desquelles les phénomènes réels oscillent plus ou moins, comme s'ils étaient munis d'un mécanisme de rappel. Si le niveau des prix, par exemple, vient à monter, sans que les autres données de l'économie bougent, il sera au bout d'un certain temps, amené à redescendre.

Les manuels d'économie classique étudient ces mécanismes de rappel ; une synthèse malheureuse en est la formule quantitative de la monnaie et l'équilibre des changes.

Cependant, il n'est pas prouvé qu'un système économique donné possède ces mécanismes de rappel. Seule l'expérience le montre. Au XIX^e^ siècle, il semblait bien que l'ensemble des échanges était équilibré et que la série complète de ces mécanismes existait : l'économie mondiale était alors semblable à un organisme vivant pour lequel il existe un type normal de vie équilibré. Actuellement, au contraire, il ne semble pas que les modalités actuelles des échanges internationaux puissent amener à un équilibre. Leur système est inviable : un équilibre général n'est peut-être pas possible.

***

3. Passons maintenant à une caractéristique essentielle de ces équilibres partiels : leur processus est, en gros, réversible comme celui d'un pendule. Si les prix ont monté, ils redescendront et tout reviendra dans l'ordre comme s'il n'y avait rien eu. Ils ne mettent pas en jeu de mouvement inflationniste.

Supposons donc que nous graduions l'état inflationniste, comme la température, en degrés. A un état déterminé, par exemple celui qui existait en 1900, que nous appellerons 30°, les prix pouvaient monter et le taux de change s'avilir, il n'y avait pas inflation parce que le mécanisme de rappel agissait d'une manière parfaitement réversible : la hausse des prix était réelle, mais comportait en elle tout le potentiel de retour à l'équilibre, de même que le mouvement d'un pendule l'écarte bien de la position

d'équilibre, mais en même temps donne à ce pendule une énergie potentielle qui lui permettra de revenir à la position d'équilibre.

Semblable à la conservation de l'énergie, cette réversibilité a été constatée pendant tout un siècle. Elle permettrait de vérifier expérimentalement un niveau d'inflation, constant ou presque, pendant de longues périodes.

*
* *

4. Nous voulons maintenant définir la variation des niveaux d'inflation. Rappelons-nous qu'avec un mécanisme économique caractérisé par la concurrence parfaite, l'*homo œconomicus*, l'équilibre budgétaire, l'absence de frontières économiques, ainsi qu'un mouvement lent de la population, du progrès technique et des stocks de métaux précieux, le niveau d'inflation restait constant parce que les écarts par rapport aux équilibres partiels étaient réversibles. Mais, il peut arriver que cette réversibilité ne soit pas assurée : par exemple, les syndicats ouvriers s'opposent d'une manière durable à une baisse nominale des salaires.

Alors, un équilibre aura encore lieu, mais dans des conditions différentes, et, en général, *c'est là notre proposition fondamentale*, à un niveau différent d'inflation.

L'exigence des syndicats entraînera en effet d'autres altérations du mécanisme, souvent un déficit budgétaire ou une amélioration de la technique bancaire.

On se trouvera alors à un niveau supérieur d'inflation, par exemple à 40%. A ce stade, les mouvements économiques pourront pendant un certain temps être réversibles, et le niveau inflationniste rester constant bien que, par exemple, les prix augmentent. Puis, pour une raison ou pour une autre, le processus inflationniste peut se reproduire.

Les causes motrices de ce processus peuvent être multiples. Ce sont *tous les incidents qui s'opposent à la réversibilité des équilibres partiels.*

L'attrait des valeurs nominales est une de ces causes. Le monopole des intermédiaires est une autre de ces causes parce qu'il fonctionne comme un clapet dans l'évolution économique, en empêchant les baisses.

Le comportement de la *mulier œconomica* (1) est également une de ces causes parce qu'elle agit à sens unique, pour déterminer un faux équilibre, comme il a été dit plus haut.

(1) Ainsi appelons-nous, par ailleurs, le comportement d'allure féminine des éléments économiques tels que les syndicats patronaux qui demandent à se faire imposer par l'État les décisions qu'ils n'osent prendre en raison des réactions de certains de leurs membres. Cf. du même auteur : *L'Observation économique.*

Une telle évolution a pour caractère essentiel d'être sans retour : ainsi défini, le niveau de l'inflation ne peut que s'élever ou rester constant sans jamais s'abaisser. Comme l'entropie d'un système physique, ou comme l'âge physiologique d'un individu, l'évolution inflationniste est irréversible, parce qu'elle prend naissance dans divers phénomènes élémentaires eux-mêmes irréversibles.

***

5. Les mouvements économiques de longue durée participent-ils de l'évolution irréversible ? Autrement dit, ces mouvements amènent-ils le système économique qu'ils affectent à un degré d'inflation plus élevé, ou, au contraire, peuvent-ils être ramenés à des mouvements réversibles ?

Cela dépend de ce que l'on considère. D'une part, les trois éléments à long terme de l'économie sont : les mouvements de population, c'est-à-dire l'offre de main-d'œuvre et la demande de consommation, et par ailleurs le progrès technique. Cela n'a aucun sens de dire que leur variation lente engendre une inflation, parce que c'est par rapport à eux qu'un niveau inflationniste peut être défini. Il n'y a, en effet, pas de comparaison possible en matière d'inflation entre deux époques d'une économie pour lesquelles les trois éléments précités diffèrent considérablement.

Mais, une variation brusque de certains d'entre eux, comme celle qui s'est produite après la guerre dans la demande de consommation en France et dans le progrès technique, peut amener un trouble de déséquilibre portant à un niveau plus élevé l'inflation, de même qu'une compression trop brusque d'un système physique en augmente l'entropie.

Toute autre est la variation à long terme de l'élément monétaire, c'est-à-dire de la quantité de monnaie sous toutes ses formes que ce soit l'augmentation du stock d'or au XVIII^e^ siècle, ou le développement de la monnaie scripturale au XIX^e^. Si la quantité de monnaie varie en proportion des trois autres éléments (cette définition étant d'ailleurs fort vague), on peut admettre que le niveau inflationniste n'est pas modifié, comme cela semble s'être produit au XIX^e^ siècle. Dans le cas contraire, on peut être amené à un niveau inflationniste différent et alors l'évolution semble encore irréversible, car pour des raisons diverses, l'expansion à long terme de la monnaie est un phénomène à sens unique.

En résumé, les mouvements à long terme, dans le cas où le niveau inflationniste peut continuer à être défini, amènent comme les mouvements à court terme, une évolution irréversible de la situation inflationniste.

*
* *

6. Il semble donc bien qu'on puisse définir une grandeur relative ayant les caractères d'un niveau, et qui serait l'état inflationniste d'une économie, en fonction des éléments de fond de cette économie : quantité et qualité de la main-d'œuvre et des consommations, progrès technique.

Les systèmes économiques pourront évoluer à niveau constant d'inflation, quand ils possèdent une certaine réversibilité, ou au contraire évoluer vers des niveaux de plus en plus élevés d'inflation. On pourrait définir une unité, ou plus exactement un degré pour cette poussée inflationniste. Il serait alors possible de mesurer le degré véritable d'inflation de cette économie, et de dégager cette dernière des apparences, en particulier des mouvements réversibles de hausse ou de baisse des prix.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Introduction 1

PREMIÈRE PARTIE

LES NOTIONS PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES DE L'ÉQUILIBRE

Chapitre Premier. — **L'équilibre des physiciens** 9

I. — La Mécanique statique 9
A) Les types d'équilibre 9
B) Les caractères communs aux différents types 12

II. — La dynamique autour de la position d'équilibre. 15

III. — L'équilibre relatif 19

IV. — La thermodynamique 23
A) Généralisation de la notion d'équilibre.. 23
B) Premier problème : La tendance à l'équilibre 28
C) Deuxième problème : Le déplacement de l'équilibre 34

V. — Les principes communs aux différents équilibres physiques 41
A) La nature du mouvement en l'absence duquel consiste l'équilibre 42
B) Le nombre des positions d'équilibre et le déplacement de l'équilibre 49

Chapitre II. — **L'équilibre des biologistes** 52

I. — Notion de l'équilibre en biologie 52
A) L'organisation 52
B) L'équilibre de l'individu 55
C) Les équilibres partiels 58

II. — L'équilibre instantané en biologie 65
A) Variation de l'équilibre 65
B) Reversibilité des variations 67
C) Le mécanisme de rappel 71

Pages

III. — L'évolution de l'équilibre 77
A) Le développement de l'individu 77
B) L'entraînement 81
C) L'évolution des espèces 83

IV. — Equilibre physique et équilibre physiologique 85
A) Variations momentanées de l'équilibre .. 85
B) Variations de l'équilibre dans le temps .. 89
C) Transposition en biologie du concept d'équilibre 93

DEUXIÈME PARTIE

LA NOTION DE L'ÉQUILIBRE DE L'ÉCOLE DE LAUSANNE

CHAPITRE PREMIER. — **La notion d'équilibre chez Léon Walras** 95

I. — Les données du Problème 95
A) L'objet de l'étude de Walras 95
B) Le modèle simplifié de Walras 100

II. — La notion de l'équilibre instantané dans le marché de deux marchandises 107
A) L'équilibre 107
B) Le mouvement et les variations 110
C) Conclusion 115

III. — Généralisation de la notion d'équilibre 118
A) L'échange de plus de deux marchandises 118
B) Le marché des services et la production. 122
C) La capitalisation 127
D) La monnaie 132
E) Vue d'ensemble sur l'économie statique 137

IV. — L'équilibre dynamique 138
A) Le problème des déterminations successives 138
B) L'évolution de l'équilibre 142

V. — Conclusions 143

CHAPITRE II. — **La notion d'équilibre chez Vilfredo Pareto** .. 145

I. — Les éléments d'une vue schématique instantanée de l'économie 145
A) Le principe de la schématisation 145
B) La schématisation des données de l'expérience 151
C) Le principe de l'équilibre 163

PAGES

II. — A la recherche d'une notion de l'équilibre..... 167
A) La méthode 167
B) Essai d'application de la notion de l'échange continu..... 173
1. Etude directe de l'équilibre général 173
2. Etude d'un échange isolé..... 180
3. Généralisation à plusieurs échanges 183

III. — Pareto abandonne sa notion de l'équilibre et adopte celle de Walras..... 186
A) Le changement de méthode 186
B) La détermination des prix..... 188
C) Conclusion : l'équilibre walrasso-parétien 195

IV. — Les variations du schéma dans le temps 199
A) Les trois éléments de la dynamique économique..... 199
B) Le mouvement ou non-équilibre 202
C) Le déplacement de l'équilibre..... 207
D) Les distorsions de la réalité par rapport au modèle dans le sens du temps.. 211

V. — Conclusions..... 212

TROISIÈME PARTIE

VERS UNE NOTION ÉCONOMIQUE DE L'ÉQUILIBRE

I. — Les limites de l'analogie physique 215
A) L'étude de la stabilité..... 216
B) Les généralisations formelles 218
C) Les plans individuels et la prévision 219
D) L'apport du calcul des probabilités..... 220

II. — Les promesses de l'analogie biologique..... 221
A) Les précurseurs 221
B) Le raisonnement sur les quantités globales 224
C) L'équilibre du circuit 227
D) L'équilibre général d'une organisation .. 228
E) La croissance équilibrée 231

APPENDICE. — Les différents niveaux d'inflation 235

1949. — Imprimerie des Presses Universitaires de France. — Vendôme (France)
ÉDIT. N° 21.602 IMP. N° 11.968